



PROJET DE FIN D'ÉTUDES
PRESENTE EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES
GESTION ET CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE

**Conduite technique de l'oignon en mode agroécologique :
Cas d'association culturale**

Présenté par : Hsaine Jalal

**Encadré par : Pr. El GHADRAOUI Lahsen
Pr. ECHCHGADDA Ghizlane**

Soutenu le : 20/07/2022

Devant le jury composé de :

- Pr. LAZRAQ Abderrahim
- Pr. Mikou Karima
- Pr. ECHCHGADDA Ghizlane
- Pr. El Ghadraoui Lahsen

Dédicaces

A celui qui m'a entouré de sa générosité divine et sa clémence éternelle.

Dieu tout puissant.

A mes chers parents,

Vous avez été avec moi chaque moment cœur et âme, vous avez veillé sur moi jour et nuit, de loin ou de près, vous avez toujours éclairé ma vie par vos conseils et votre vertu. Rien au monde ne pourrait compenser tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien être. Que Dieu puisse vous accorder une longue vie pleine d'amour, de bonheur et de paix. En vous dédiant ce modeste travail je ne fais que vous offrir un cadeau que vous-même avez acheté et décoré car c'est grâce à vous que je suis arrivée.

Mon souhait le plus profond et que vous acceptiez le fruit de vos sacrifices, vos prières et votre confiance. Je vous dédie chaque ligne, chaque mot et chaque lettre témoignant de ma reconnaissance, de mon grand amour filial et de mon dévouement le plus sincère.

A mes frères : Othmane, Houssam et Ziad

Que ce travail soit le témoignage de mon amour fraternel et de toute l'affection que je vous porte. Je vous souhaite tout le succès et le bonheur du monde.

A mes amis les plus chers de la promotion GCB

A tous les amis et amies doctorants :

Aziza ihrza, Yasmine Elouttassi, Amal Hari, Wijdane rhoui, Hajar, Meryem, Abdelatif boutagyout, Khalid settini, Nabil redouane, Jihane el kenfaoui, Ikram, Khadija, Saïd Ezrari ,
Chiki Zineb

A tout le personnel technique de l'ENA : techniciens, ouvriers, agents de sécurités....

**A tous ceux qui me sont chers A tous les artisans de paix et
d'humanisme ...Je dédie ce modeste travail**

Remerciements

La réalisation de ce travail a été possible grâce à la contribution et aux efforts de plusieurs personnes et institutions. C'est ici l'occasion pour moi de leur témoigner ma profonde gratitude.

Mes remerciements s'adressent de façon particulière,

A mon encadrant Monsieur le professeur-chercheur et le directeur du Le Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Génie de l'Environnement « LEFGE » **El GHADRAOUI Lahsen**, et à ma co-encadrante Professeur **ECHCHGADDA Ghizlane**, qui ont su guider mes premiers pas dans la recherche. Durant tout le temps, vous étiez toujours disponibles à travailler avec moi malgré vos multiples occupations. Vous m'avez montré une clairvoyance dans vos idées, suggestions et conseils.

Pour tous ces efforts et toute cette attention à mon égard, recevez ici le témoignage d'un étudiant à qui vous avez donné une vision claire du travail bien fait.

Au coordinateur du Master science et technique « Gestion et Conservation de la Biodiversité » le professeur-chercheur **LAZRAQ Abdrahim**, qui a été toujours présent pour répondre à nos questions, au cours de ces deux années d'études.

A tous les enseignants du Master science et technique « Gestion et Conservation de la Biodiversité ».

Ma sincère reconnaissance et mes remerciements à **M. Fouad RACHIDI** pour son soutien et les informations qu'il a mis à ma disposition pour mener à bien ce travail.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements au professeur-chercheur **MIKOU Karima** et Monsieur le professeur-chercheur **LAZRAQ Abdrahim**, les membres de jury qui m'ont honoré et qui ont bien voulu accepter d'évaluer ce travail.

Enfin, j'ai une pensée spéciale à tous ceux qui ont contribué de diverses manières à l'aboutissement de ce travail, qu'ils en soient remerciés.

RESUME

Le présent travail a pour objectif principal l'application des pratiques agroécologiques en étudiant l'effet de la fertilisation organique, l'association de cultures sur le rendement et la protection phytosanitaire de l'oignon, conduite en association avec la carotte et le persil étant des plantes de services.

Les systèmes choisis comme associations culturales pour l'oignon sont comme suit : (Oignon + Carotte), (Oignon + Persil), (Oignon + Carotte + Persil » et enfin l'oignon en monoculture pour servir de témoin. Ces derniers systèmes sont refaits en présence du compost, comme amendement organique pour suivre son effet sur notre culture principale.

A cet effet nous avons prélevé cinq échantillons de chaque traitement, avec trois répétitions. Les paramètres étudiés sont : la hauteur, le nombre de feuilles et le diamètre du collet. Parallèlement, nous avons étudié l'effet de l'association culturale et la fertilisation organique sur l'abondance des adventices par la méthode de quadrat, en installant aléatoirement trois quadrats par parcelle, l'identification des espèces et leurs abondances sont ainsi déterminés.

Nos résultats montrent que les plantes qui sont en associations avec et sans fertilisation organique ont présenté une augmentation significative ($P \leq 0,05$) de la hauteur de la plante, le diamètre du collet et le nombre des feuilles. Les valeurs les plus élevées de ces paramètres ont été accordées au traitement T3 et T6. Les traitements avec la fertilisation organiques ont été les plus performant, ceci est dû que l'application du compost présente divers avantages tels que l'augmentation des propriétés physiques du sol, la capacité de rétention d'eau, tolérance accrue au stress, augmentation de la biomasse microbienne bénéfique et la teneur en azote et carbone organique.

Les résultats obtenus ont montré que les associations « Oignon + carottes + Compost », « Oignon + Persil + Compost », « Oignon + Carotte + Persil + Compost » plus la fertilisation organique entrave fortement la croissance des mauvaises herbes en comparaison avec le témoin. Les résultats obtenus à partir du biocontrôle in vitro à mis en évidence l'effet inhibiteur prometteur de l'extrait d'*Origanum elongatum* sur la croissance mycélienne de l'espèce *Fusarium oxysporum* qui a montré une inhibition totale à une concentration de 1g/ml contrairement au romarin qui a enregistré un effet inhibiteur de 50% avec une dose 5g/ml.

Mots-clés : Agriculture – Biodiversité – Intrants - Agroécologie - Association culturale – Fertilisation organique – Oignon, Persil, Carotte – Biocontrôle – *Origanum elongatum* - *fusarium oxysporum*.

Abstract

The main objective of the present work is the application of agroecological practices by studying the effect of organic fertilization, crop association on the yield and phytosanitary protection of onion, conducted in association with carrot and parsley being service plants.

The systems chosen as crop associations for onion are as follows: (Onion + Carrot), (Onion + Parsley), (Onion + Carrot + Parsley) and finally onion in monoculture to serve as control. These last systems are redone in the presence of compost, as an organic amendment to follow its effect on our main crop.

For this purpose, we took five samples from each treatment, with three replications. The parameters studied were: height, number of leaves and crown diameter. At the same time, we studied the effect of the cultural association and organic fertilization on the abundance of weeds by the quadrat method, by randomly installing three quadrats per plot, the identification of the species and their abundances are thus determined.

Our results show that plants in association with and without organic fertilization showed a significant increase ($P \leq 0.05$) in plant height, crown diameter and number of leaves. The highest values of these parameters were given to treatment T3 and T6. The treatments with organic fertilization were the most performing, this is due to the fact that the application of compost presents various advantages such as increase of physical properties of the soil, water retention capacity, increased tolerance to stress, increase of beneficial microbial biomass and content of nitrogen and organic carbon.

The results obtained showed that the associations "Onion + Carrot + Compost", "Onion + Parsley + Compost", "Onion + Carrot + Parsley + Compost" plus organic fertilization strongly inhibited the growth of weeds compared to the control. The results obtained from the in vitro biocontrol highlighted the promising inhibitory effect of *Origanum elongatum* extract on the mycelial growth of *Fusarium oxysporum* species which showed a total inhibition at a concentration of 1g/ml contrary to rosemary which recorded a 50% inhibitory effect with a dose of 5g/ml.

Keywords: Agriculture - Biodiversity - Agroecology - Crop association - Organic fertilization - Onion, Parsley, Carrot - Biocontrol - *Origanum elongatum* - *fusarium oxysporum*.

Liste des figures

Figure 1 : Illustration de la culture intercalaire traditionnelle de maïs et de chou (Feike et al., 2012).	12
Figure 2 : Illustration de la culture mixte de différentes plantes sur une parcelle de terrain.....	12
Figure 3 : Représentation schématique d'un système de culture intercalaire en relais maïs-soja (Raza et al., 2019a).	12
Figure 4 : Représentation schématique de la culture intercalaire à différentes distances (Raza et al., 2019b).....	13
Figure 5 : Localisation géographique de la parcelle d'essai (Google Earth, 2022).....	19
Figure 6 : Image des différentes activités menées pour la préparation du sol : (a) traçage de parcelle élémentaire (b) formation des billons (c) Ameublissement du lit de semence à l'aide d'une herse rotative.....	24
Figure 7: Dispositif expérimental adopté pour l'essai de l'association de culture entre Oignon, Carotte et le persil.	25
Figure 8 : (a) Semences de carotte utilisées (Variété Muscade), (b) Boutures de l'oignon utilisées (Variété Hamra), (c) Semences de persil utilisées.....	26
Figure 9 : (a) Installation des tuyau goutte à goutte, (b) et (c) Installation des T.....	27
Figure 10 : (a) Bassin utilisé pour l'irrigation, (b) Pompe	27
Figure 11: Images des différents activités menées pour le désherbage. (a) et (c) Désherbage de la parcelle à la main, (b) Désherbage de la parcelle sape main.	28
Figure 12 : Compost utilisé (Eco compost)	28
Figure 13: Recensement des mauvaises herbes dans le traitement en utilisant un quadrat de 0,50m2.	29
Figure 14: (a) et (b) Echantillons de l'oignon présentant des symptômes, (c) Boîte de pétri contenant 20 ml de PDA, (d) Milieu PDA.....	30
Figure 15: (a) Broyage des plantes sèches, (b) Poudre obtenue.....	30
Figure 16: Mesure des paramètres agronomiques à l'aide d'une règle pour mesurer la hauteur des cultures, et d'un pied à coulisse pour mesurer le diamètre du collet.....	32
Figure 17 : Comparaison de la hauteur moyenne de l'oignon au niveau des traitements sans compost et dates après semis.	34
Figure 18 : Comparaison du nombre moyen des feuilles de l'oignon au niveau des traitements sans compost et dates après semis.....	35
Figure 19 : Comparaison du diamètre du collet de l'oignon au niveau des différents sans compost et dates semis.....	36
Figure 20 : Comparaison de l'évolution de la hauteur de l'oignon au niveau des traitements avec compost et dates après semis.....	38
Figure 21 : Comparaison de l'évolution du nombre de feuilles de l'oignon au niveau des traitements avec compost et dates après semis.....	39
Figure 22 : Comparaison de l'évolution du diamètre du collet de l'oignon au niveau des différents avec compost et dates semis.	40
Figure 23: Comparaison de la hauteur moyenne des traitements sans et avec l'effet du compost	42
Figure 24 : Comparaison du diamètre du collet moyen des traitements sans et avec l'effet du compost.	42
Figure 25 : Comparaison du nombre moyen de feuilles des traitements sans et avec l'effet du compost	42
Figure 26 : Pourcentage des adventices totales dans les différents traitements. (A) sans l'effet du compost, (B) sous l'effet du compost.....	43
Figure 27 : Abondance moyenne relative en fonction des différents traitements.	44
Figure 28 : Culture du Fusarium isolé. (a) couleur blanchâtre du mycélium, (b) couleur blanche à violette du mycélium	45

Figure 29 : Observation microscopique (*400) des spores (a) et mycélium (b) de Fusarium.....	45
Figure 30 : Taux d’inhibition de la croissance mycélienne de F. Oxysporum en fonctions de concentrations utilisées.....	46
Figure 31 : Morphologie des colonies de fusarium affectés par différentes concentrations d’extrait d’Origanum elongatum.....	47
Figure 32 : Taux d’inhibition de la croissance mycélienne de F. Oxysporum en fonction des concentrations utilisées.....	47
Figure 33 : Morphologie des colonies de fusarium affectés par différentes concentrations d’extrait aqueux de sauge (Salvia officinalis). (a) Témoin, (b) 0,25%, (c) 0,5%, (d) 1%, (e) 1,5%, (f) 2,5% et (g) 5%.....	48
Figure 34 : Taux d’inhibition de la croissance mycélienne de F. Oxysporum en fonctions des concentrations.....	48
Figure 35 : Morphologie des colonies de fusarium affectés par différentes concentrations d’extrait aqueux de Romarin. (a) Témoin, (b) 0,25%, (c) 0,5%, (d) 1%, (e) 1,5%, (f) 2,5% et (g) 5%.	49

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différents traitements avec et sans fertilisation organique.....	25
Tableau 2 : Nombre de lignes dans chaque traitement.....	26

Liste des abréviations

FAO: Food and Agriculture Organisation

NRC: National Research Council

T&HM : Terre et Humanisme Maroc

AO : Amendement organique

DBAC : Dispositif a blocs aléatoires complets

T : Traitements

ENAM : Ecole nationale d'Agriculture de Meknès

MO: Matière organique

PDA: Potato dextrose agar

MGI: Mycelium growth inhibition

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

SNK : Student – Newman – Keuls

HE : Huile essentiel

PAM : Plantes Aromatiques et Médicinales.

Sommaire

Table des matières

RESUME	III
Abstract	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	Erreur ! Signet non défini.
Liste des abréviations	VII
Introduction Général	1
Partie I : Partie bibliographique	3
I. Intensification de l'agriculture	4
1. Agriculture conventionnelle	4
1.1 Effets du changement climatique	4
1.2 Effets des pratiques agricoles sur les sols	5
1.3 Effet de la Monoculture	5
2. Intrants et l'environnement	6
2.1 Pesticides	6
2.2 Engrais chimiques	6
2.3 Irrigation	7
3. Biodiversité	7
3.1 Rôle de la Biodiversité	7
3.2 Agrobiodiversité	8
3.3 Intensification de l'agriculture et la biodiversité	8
II. L'agroécologie en tant qu'agriculture résiliente	9
1. Agroécologie	9
1.1 Historique	9
1.2 Concepts de l'agroécologie	11
2. Associations culturales	11
2.1 Types d'association culturales	12
2.2 Fonctionnement de l'association : complémentarité, facilitation et compétition	13
2.2.1 Complémentarité :	13
2.2.2 Facilitation :	13
2.3 Avantages et inconvénient de la pratique	15
a. Accroître la production	15
b. Meilleure utilisation des ressources environnementales	15
c. Réduction des dommages causés par les ravageurs et les mauvaises herbes	15

d. Stabilité et uniformité du rendement	16
e. Améliorer la fertilité des sols et augmenter la teneur en azote	17
III. Amendements organiques	17
Partie II : Matériel et méthodes	18
I. Présentation de la zone d'étude	19
1. Caractéristiques du sol	19
2. Contexte climatique	19
II. Essai de la culture de l'oignon en mode agroécologique	19
1. Méthodologie	19
2. Matériel végétal	20
2.1 Généralités sur l'oignon	20
a. Besoins édapho-climatiques de la culture :.....	20
b. Besoins en eau :.....	21
c. Besoins en éléments minéraux.....	21
2.2 Généralités sur quelques maladies fongiques de l'oignon.....	21
a. Moisissure noire	21
b. Pourriture du col	21
c. Pourriture basale	22
2.3 Lutte contre le fusarium spp.	22
a. Lutte chimique.....	22
b. Lutte génétique	22
c. Lutte physique	23
d. Techniques culturales.....	23
e. Lutte biologique.....	23
3. Installation de la culture.....	24
3.1 Préparation du sol	24
3.2 Dispositif expérimental	25
3.3 Parcelle élémentaire.....	26
3.4 Semis	26
3.5 L'irrigation	27
3.6 Désherbage.....	28
3.7 La fertilisation.....	28
3.8 Adventices	29
4. Suivi phytosanitaire	29
4.1 Le matériel fongique.....	29
a. Isolement du champignon	29

b. Identification de champignons	30
4.2 Le matériel végétal	30
4.3 Activité antifongique des extraits de plante sur la fusarium	31
III. Observation et mesures	31
1. Mode d'échantillonnage	31
2. Paramètres mesurés.....	32
IV. Analyse statistique de données	32
Partie III : Résultats et discussion	33
I. Analyse des paramètres agronomiques mesurés	34
1. Traitement sans compost	34
1.1 Hauteur moyenne de la plante.....	34
1.2. Nombre de feuilles	35
1.3. Diamètre moyen du collet.....	36
2. Traitements avec compost	38
2.1 Hauteur moyenne de l'oignon.....	38
2.2 Nombre de feuilles	39
2.3 Diamètre moyen du collet.....	40
3. Comparaison entre les traitements « sans et avec » du compost	42
4. Mauvaises herbes.....	43
II. Activité antifongique	45
1. Utilisation des extraits de plantes sur la fusarium	46
1.1 Origan (<i>Origanum elongatum</i>) :	46
1.2 Sauge (<i>Salvia officinalis</i>) :	47
1.3 Romarin (<i>Salvia rosmarinus</i>) :	48
CONCLUSION	52
Perspectives.....	53
Liste des références.....	54
ANNEXES 1.....	i
ANNEXES 2.....	ii
ANNEXES 3.....	iv
ANNEXE 4.....	vii

Introduction Général

La révolution agricole du vingtième siècle est associée à l'intensification et à la simplification des pratiques agricoles afin d'augmenter le rendement au détriment de la biodiversité, affectant à la fois les espèces sauvages, dont l'habitat disparaît et les espèces cultivées, dont la diversité génétique est fortement réduite. L'expansion et l'intensification des activités agricoles provoquent la fragmentation progressive des habitats naturels et donc une dégradation de la biodiversité (Tilman et *al.*, 2002). Cependant, l'agriculture moderne, telle que la mécanisation, les monocultures, les variétés améliorées et l'apport des produits chimiques pour la fertilisation et pour la lutte contre les ravageurs, ont induit à une simplification des composantes du système agricole et à une perte de biodiversité. A cet effet, la restauration des écosystèmes par le biais d'activités agricoles diversifiées qui imitent la nature reste une stratégie clé pour une agriculture durable (Jackson et *al.*, 2007 ; Scherr et McNeely, 2008).

La biodiversité dans les systèmes agricoles est actuellement une préoccupation majeure et promet d'être un enjeu primordial du 21ème siècle (Plantureux et *al.*, 2005). Elle est souvent considérée comme un outil contribuant à l'utilisation des ressources et favorisant une interaction positive entre les espèces et les processus de l'écosystème (Smith et *al.*, 2008, Cardinale et *al.*, 2012b).

L'agrobiodiversité, peut conduire à des agroécosystèmes capables de maintenir la fertilité de leur propre sol, réguler la protection naturelle contre les ravageurs et soutenir la productivité (Thrupp, 2002 ; Scherr et McNeely, 2008). La biodiversité dans les agroécosystèmes peut être améliorée par la rotation des cultures et par les cultures de couverture, les cultures intercalaires et l'agroforesterie (Altieri, 1999 ; Malézieux et *al.*, 2009). Par contre, l'agriculture moderne a permis d'augmenter considérablement la productivité des systèmes agricoles, mais il semble qu'une grande partie de cette augmentation s'est faite au prix de la durabilité (Tilman et *al.*, 2002 ; Lichtfouse et *al.*, 2009). En effet, l'agriculture moderne impliquent une simplification de la structure de l'environnement, remplaçant la diversité végétale naturelle par un nombre limité de plantes cultivées dans de vastes zones de monocultures arables (Vandermeer et *al.*, 1998).

L'activité agricole doit donc, sortir de l'impasse que constitue une excessive dépendance aux intrants. D'où l'intérêt croissant du développement de systèmes agricoles qui limitent l'utilisation d'intrants chimiques. Ainsi, la complémentarité entre les plantes de diverses espèces

peut être un moyen utile d'améliorer la production agricole et sa stabilité (Vandermeer 1992, Isbell et *al.*, 2015a).

La diversification des systèmes agricoles peut être réalisée à travers une variété d'options, selon un gradient de complexité, incluant le nombre et le type d'espèces végétales, la structure horizontale et verticale du mélange, ainsi que la durée du cycle de vie des espèces, telle que la culture intercalaire en ligne, la culture intercalaire mixte, l'agroforesterie en ligne et l'agroforesterie complexe (Altieri 2002, Malézieux et *al.*, 2009). Dans ce contexte, plusieurs acteurs se sont tournés vers des options plus durables que l'agriculture conventionnelle.

Parmi les options disponibles, l'agroécologie. Cette dernière basée non seulement sur la réduction de l'usage d'intrants chimiques (pesticides et engrais), mais aussi sur le degré d'intégration de nouvelles pratiques inspirées de la nature et des fonctionnalités des écosystèmes.

L'agroécologie est devenue de plus en plus une thématique d'actualité. En effet, plusieurs événements scientifiques dédiés à cette thématique mettent l'accent sur les différentes problématiques liées à l'agriculture conventionnelle et encouragent à produire autrement, dans le but de créer un système plus durable (Aubertot et *al.*, 2007). C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail ayant pour objectif la compréhension des pratiques et des principes agroécologiques. Nous avons essayé d'établir un modèle agroécologique qui consiste à rassembler l'association culturale, la fertilisation organique et la lutte biologique qui sont des pratiques fondamentales de l'agroécologie, afin d'étudier la conduite technique de l'oignon en mode agroécologique.

Pour ce faire, après une introduction générale comportant notre objectif nous avons effectué une recherche bibliographique sur l'agriculture intensive, ses avantages et ses inconvénients ainsi que l'agroécologie et ses intérêts, suivie de notre partie expérimentale exposant la méthodologie du travail et la variété étudiée ; les résultats et discussion et en fin une conclusion générale.

Partie I : Partie bibliographique

I. Intensification de l'agriculture

1. Agriculture conventionnelle

Au cours du XXe siècle, l'agriculture s'est largement industrialisée dans le monde entier, ce qui a entraîné une forte hausse des rendements (Matson et *al.*, 1997 ; Stoate et *al.*, 2001). Les techniques agricoles se sont intensifiées grâce à la mise au point de pesticides et d'engrais chimiques, l'emploi de variétés à haut rendement et la grande mécanisation. Cette évolution a été réalisée en réponse aux inquiétudes constantes liées à la famine et à la croissance démographique à l'échelle mondiale. Celle-ci continue de croître et devrait toucher 9 milliards de personnes d'ici 2050 (Godfray et *al.*, 2010), faisant de la sécurité alimentaire un enjeu majeur au cœur de l'agriculture moderne. L'industrialisation de l'agriculture s'est accompagnée d'une transformation majeure des territoires agricoles.

Selon la FAO (2010), environ 7000 espèces de végétaux ont été cultivées pour la consommation humaine. Pendant près de douze mille ans, la grande diversité des variétés domestiquées par l'homme a joué un rôle vital dans les moyens de subsistance, en dépit des ravageurs, des maladies, des fluctuations climatiques, sécheresses ou autres accidents. Aujourd'hui, seule une trentaine d'espèces satisfont 95% des besoins alimentaires humains et animaux.

En cultures annuelles, le flux de matière (intrants, récoltes) et les perturbations intenses sont très importants. Il en résulte une régression de la richesse et de l'abondance de nombreuses espèces : microorganismes, faune et flore du sol, insectes, etc. Le labour profond, par exemple, affecte la macrofaune et la microfaune (Hainzelin, 2013). D'autre part, le développement d'espèces résistantes aux molécules de synthèse utilisées provoque des déséquilibres importants dans l'écosystème, l'emploi des plantes transgéniques s'inscrit ainsi, dans la démarche d'intensification technologique de l'agriculture (James, 2011).

1.1 Effets du changement climatique

La production agricole est largement dépendante des conditions climatiques ainsi, des phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les sécheresses, les inondations, la désertification et la perturbation des saisons dans de nombreuses régions du monde se montrent d'un effet négatif sur le développement de l'agriculture. Cet effet qui s'observe d'une manière importante dans le continent Africain (Goh, 2011).

Le changement climatique en particulier le réchauffement de la planète pourrait affecter ainsi d'autres composante, telle la biodiversité de plusieurs façons. Il se traduit notamment par une augmentation de la fréquence d'évènements météorologiques extrêmes (inondation et

sécheresse). La variabilité des précipitations rend plus difficile la planification des opérations agricoles et la réduction des précipitations menace de nombreuses régions qui vivent de l'agriculture pluviale. Le réchauffement se traduit par de nombreuses perturbations dont une modification des calendriers agricoles, comme l'avancée des dates de récolte (Duyck et *al.*, 2011).

Le changement climatique est aussi responsable de 14 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Elle peut contribuer à la solution en réduisant et/ou en éliminant une part importante des émissions mondiales (Hainzelin, 2013).

1.2 Effets des pratiques agricoles sur les sols

L'intensification de l'agriculture conventionnelle entraîne une perte de la fertilité des sols, ce qui menace la productivité des cultures à long terme en accentuant la dégradation des sols et en provoquant des pénuries d'eau. Ainsi, environ 40 % des terres cultivées dans le monde connaissent un certain degré d'érosion des sols, une baisse de fertilité ou un surpâturage. On estime que l'érosion des sols réduit le rendement d'environ 16 % des terres agricoles, en particulier, les terres cultivées en Afrique (Francis et *al.*, 2011).

Actuellement, les taux d'érosion accélérés que nous connaissons causent des modifications majeures des cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore (Vitousek et *al.*, 2009 ; Quinton et *al.*, 2010), ce qui présente des conséquences néfastes sur la biodiversité.

L'agriculture intensive menace l'écologie des sols de deux façons : elle accélère l'oxydation et l'épuisement de la matière organique et prédispose les sols à une érosion accrue, ce qui entraîne l'application obligatoire d'engrais azotés (Rasmussen et *al.*, 1998 ; Lal, 2004 ; Montogmey, 2007 ; NRC, 2010).

1.3 Effet de la Monoculture

La monoculture, est définie comme une végétation composée d'une seule espèce, le terme monoculture est utilisé pour décrire une situation ou un arrangement caractérisé par un faible niveau de diversité. Elle présente à la fois des avantages et des inconvénients liés à son utilisation (Moran, 2020).

La monoculture reste l'un des moyens le plus efficace de répondre à la demande croissante de nourriture dans le monde. Cependant, elle peut entraîner la dégradation des sols et des problèmes phytosanitaires. En effet, il est plus facile pour les maladies et les ravageurs de se propager, et bien qu'il soit également plus facile d'appliquer les produits phytosanitaires correspondants, il

y a un plus grand risque que ceux-ci réapparaissent et même qu'ils génèrent une résistance. En plus, les aliments de la monoculture peuvent contenir un excès de produits chimiques toxiques, ce qui affecte également l'écosystème naturel composé de micro-organismes, d'insectes et d'autres espèces (Franquesa, 2020).

2. Intrants et l'environnement

2.1 Pesticides

La croissance démographique et le changement climatique contribuent principalement, à l'utilisation croissante des pesticides (Tirado et *al.*, 2010 ; Miraglia et *al.*, 2009). Bien que les pesticides jouent un rôle important dans l'amélioration du rendement des cultures et la production d'aliments leur utilisation croissante présente des effets négatifs sur l'environnement et sur la santé humaine (Miraglia et *al.*, 2009). Les pesticides utilisés peuvent également être toxiques pour d'autres organismes utiles, y compris les oiseaux, les poissons, les insectes bénéfiques et les plantes non ciblées (Aktar et *al.*, 2009 ; Elgueta et *al.*, 2017 ; Mingo et *al.*, 2017), ainsi que pour différents milieux environnementaux, y compris l'air (Škrbic et *al.*, 2007 ; Baker, 1996), l'eau, le sol et les cultures (Kim et *al.*, 2017 ; Gouin et *al.*, 2008).

De plus, la contamination par les pesticides se déplace loin des plantes cibles, entraînant une pollution de l'environnement. Les pesticides se répartissent de plusieurs façons, notamment dans l'air, par des courants éoliens, dans l'eau, par le ruissellement ou du lessivage et vers les plantes, les animaux et les humains (Singh, 2012 ; Fang et *al.*, 2017).

2.2 Engrais chimiques

A l'échelle de la parcelle, la fertilisation des cultures se traduit par des effets généralement et globalement positifs sur l'abondance et la croissance des organismes vivants dans le sol et la végétation, à condition de ne pas atteindre des seuils de toxicité. Par contre, les effets sur la richesse spécifique des plantes et des insectes sont globalement négatifs. L'accroissement des apports de fertilisants se traduit principalement à deux niveaux :

- Au niveau de la communauté d'organismes du sol, directement touchés par l'évolution physico-chimique de l'environnement édaphique.
- Au niveau la biodiversité des organismes liés au statut nutritionnel des plantes, avec une modification des chaînes trophiques (le Roux et *al.*, 2008).

Il s'emb le que la fertilisation par les engrais de synthèse entraîne une homogénéisation des milieux du point de vue de la disponibilité en ressource ce qui entraîne la disparition des espèces adaptées aux milieux pauvres en nutriments et le remplacement d'espèces spécialistes par des

espèces généralistes. La fertilisation minérale azotée apparaît donc, comme un des principaux facteurs responsables de la baisse de la richesse spécifique dans les parcelles.

En outre l'accroissement de la fertilisation a des impacts avérés sur les écosystèmes aquatiques continentaux et côtiers et sur l'ensemble des écosystèmes terrestres et aquatiques (le Roux et *al.*, 2012).

2.3 Irrigation

Actuellement, à l'échelle mondiale, 70 % des 3 800 Km³ d'eau utilisés par les humains sont destinés à l'agriculture, 20 % à l'industrie et 10 % aux zones urbanisées. D'ici 2050, l'utilisation agricole de l'eau devrait augmenter de 13 % (Molden, 2007). La production de cultures dans plusieurs régions du monde nécessite une grande quantité d'eau, jusqu'à quelques milliers de fois la masse finale de la culture. (Pimentel et *al.*, 2004 ; Smil, 2002 ; Molden, 2007 ; Rockstrom et *al.*, 2007).

L'agriculture irriguée intensive peut entraîner l'engorgement et la salinisation. Certaines terres irriguées ont été fortement salinisées, entraînant la perte d'environ 1,5 million d'hectares de terres arables par an dans le monde ; une perte de production estimée à 11 milliards de dollars (Postel, 1999 ; Wood et *al.*, 2003), ainsi qu'épuisement et une contamination chimique des réserves d'eau de surface et souterraine (Wood et *al.*, 2003 ; Pimentel et *al.*, 2004 ; Moss, 2008). Il a été souligné que l'expansion et l'intensification de l'agriculture ont modifié la quantité et la qualité des voies d'eau mondiales. Également elles augmentent le risque de changements de régime catastrophiques des écosystèmes (Gordon et *al.*, 2005).

3. Biodiversité

3.1 Rôle de la Biodiversité

La biodiversité peut être considérée comme une ressource centrale pour de nouvelles formes d'agriculture à inventer pour demain. L'agriculture durable suppose de repenser l'agriculture en plaçant les interactions biotiques et les régulations biologiques au cœur des processus de production. Une meilleure connaissance des interactions biologiques doit permettre de développer des pratiques innovantes, valorisant les conditions locales. L'enjeu majeur est de replacer la biodiversité au sein des systèmes et territoires agricoles, afin d'accroître la flexibilité et la résilience des systèmes, sans compromettre leur viabilité économique. Réintroduire et entretenir la biodiversité à différentes échelles conduit à augmenter l'hétérogénéité spatiale et temporelle des systèmes de production (Tixier-Boichard et *al.*, 2015).

De nombreux exemples actuels ont montré comment mieux utiliser la biodiversité à ses différents niveaux d'organisation.

- Diversité génétique

Plusieurs exemples (grandes cultures, arboriculture, élevage) ont illustré l'intérêt d'utiliser la diversité variétale ou raciale, de tester des mélanges de génotypes, que ce soit pour la qualité du produit, pour améliorer la biodiversité de communautés sauvages associées ou pour maîtriser la résistance aux maladies.

- Diversité spécifique

Le principe de complémentarité d'utilisation des ressources et de réduction du potentiel adaptatif des pathogènes a été illustré par plusieurs études concernant les associations d'espèces végétales (blé, pois, graminées, légumineuses dans les mélanges fourragers, mélange prairial et recyclage de la matière organique).

- Biodiversité « associée »

Ceci regroupe la biodiversité semi-naturelle associée aux plantes cultivées ou aux animaux d'élevage, qui joue un rôle crucial dans le fonctionnement des agroécosystèmes. Plusieurs projets de recherche montrent comment utiliser la diversité floristique et faunistique pour développer des indicateurs du bon état agroécologique pour les bordures de champs ou pour les systèmes d'élevage d'herbivores ou de polyculture-élevage.

3.2 Agrobiodiversité

L'Agro-biodiversité ou la biodiversité agricole est la diversité des organismes vivant dans les paysages faisant l'objet d'une gestion agricole. La productivité et la durabilité de nombreux écosystèmes sont diversement liées à la diversité spatiale, temporelle et génétique (Smukler SM, et *al.*, 2010, Brussaard L et *al.*, 2007).

3.3 Intensification de l'agriculture et la biodiversité

Les problèmes causés par l'évolution des pratiques agricoles ont rapidement été observé, notamment à cause de leurs conséquences sur l'environnement. Cette intensification a entraîné des pertes majeures au niveau de biodiversité dans les agro-écosystèmes, touchant une large gamme d'espèces (Stoate et *al.*, 2001 ; Benton et *al.*, 2003 ; Henle et *al.*, 2008). Les effets létaux et sublétaux de certaines pratiques agricoles, et en particulier des pesticides, ont largement été mis en cause (Desneux et *al.*, 2007). Les pertes de biodiversité sont également, liées à la

disparition ou à la transformation de nombreux habitats indispensables à la réalisation du cycle de vie des espèces (Benton et *al.*, 2003).

La biodiversité a été combattue par l'agriculture conventionnelle, considérant que toute espèce hors culture était un ennemi.

De la même façon, le sol a été considéré comme un support de culture, sans prise de considération qu'il était avant tout vivant. C'est un milieu qui possède des fonctions essentielles. Sur trente centimètres d'épaisseur, le sol héberge 80 % de la biomasse vivante du globe. Sans lui, les plantes ne peuvent pas se nourrir, les bactéries qu'il abrite ne peuvent pas fixer l'azote de l'air et réaliser une activité biologique indispensable. Il a été montré que la qualité des sols est inquiétante : 10 % des sols sont pollués par des métaux lourds, 60 % sont frappés d'érosion, 90 % ont une activité biologique trop faible et en particulier un taux de champignons trop bas (Bourguignon, Bourguignon, 2008).

II. L'agroécologie en tant qu'agriculture résiliente

1. Agroécologie

La transition vers une agriculture agroécologique implique des changements et des innovations non seulement aux échelles de la parcelle et de l'exploitation agricole, mais également à l'échelle du territoire, avec des processus sociaux de coordination entre des acteurs multiples pour une gestion concertée des ressources naturelles, de la biodiversité et des services écosystémiques (Duru et *al.*, 2014).

1.1 Historique

C'est en 1928 que le terme « agroécologie » apparaît pour la première fois afin décrire l'utilisation de méthodes écologiques pour l'obtention de semences de maïs. Le terme est repris ensuite dans les années 1960, par un écologue et zoologiste allemand Wolfgang Tischler pour exposer la lutte biologique contre les pestes agricoles et le maintien des qualités biologiques du sol.

Dans les années 1980-1990, aux États-Unis et en Amérique latine, le concept d'agroécologie refait surface et prend de l'ampleur, en réaction à l'agriculture industrielle et à l'assujettissement des petits paysans par les grands propriétaires fonciers. L'agroécologie s'ancre comme un mouvement social et revendique une série de techniques et d'organisations du travail agricole alternatives. L'idée est de bâtir autour de ce concept une véritable science agricole et sociale, mieux intégrée aux dynamiques naturelles de l'environnement rural (Stassart et *al.*, 2012). L'agroécologie se construit alors, en s'appuyant sur une évaluation critique socio

environnementale des impacts de la révolution verte, comme une proposition d'un modèle alternatif de développement reposant notamment, sur la valorisation des systèmes traditionnels et des savoirs en opposition au modèle « biotechnologique ».

Au Maroc, Parmi les premiers projets, figure celui de l'association Terre et Humanisme Maroc de diffusion des pratiques agroécologiques auprès des communautés rurales, Ces pratiques visent l'autonomie des petits agriculteurs, en leur permettant de générer des revenus pérennes avec le respect des ressources naturelles. Dès l'année 2001, les premières prémises de la vision agroécologique ont vu le jour au sein d'un groupe de personnes souciant de la déperdition du patrimoine nourricier et du savoir-faire ancestral ;

En 2005 il y a eu création officielle de Terre et Humanisme Maroc (T&HM) à Dar Bouaza profitant du travail mené dans les premiers sites pédagogiques Ida Ougamad et Kermet Bensalem mis en place entre 2001/2004, avec l'appui de Rabhi et l'association Terre et Humanisme (France). En 2015 il y a eu l'inauguration du « Carrefour des initiatives et des pratiques agroécologiques » (CIPA), situé à douar Skoura, dans la commune Sidi Boubker (province de Rhamna) à 30km de Marrakech, a pour vocation de devenir un centre de référence rayonnant dans toute la zone méditerranéenne bassin qui permettra d'intensifier les échanges dans le méditerranéen.

Selon (Rabhi, 1999) « L'agroécologie est plus qu'une simple alternative agronomique : elle est liée à une dimension profonde du respect de la vie et replace l'être humain dans sa responsabilité à l'égard du vivant ; elle est à la fois une éthique de vie et une pratique agricole »

En 1983, Miguel Aléteri a présenté l'agroécologie comme une base scientifique à une agriculture alternative, et plus précisément : « *Une approche de la production alimentaire essayant d'assurer des rendements durables par l'utilisation de techniques de gestion écologiquement saines. Les stratégies sont basées sur des concepts écologiques, de telle sorte que les formes de gestion aboutissent à un recyclage optimal des nutriments et de la matière organique, à des flux énergétiques fermés, à un équilibre des populations d'êtres nuisibles et à une augmentation de l'utilisation multiple du paysage* ».

En 1998, Gliessman, définit celle-ci comme « *L'application de l'écologie à l'étude, la conception et la gestion des agrosystèmes durables* ». Elle s'adresse à différents niveaux d'organisation, de la parcelle à l'ensemble du système alimentaire. Au-delà de ce positionnement disciplinaire, l'agroécologie vise non seulement à transformer l'agriculture, mais aussi à repenser l'ensemble des systèmes alimentaires, afin de les rendre plus durables.

1.2 Concepts de l'agroécologie

Le concept désigne une science, des pratiques agricoles et un mouvement social. Elle se définit comme l'application de l'écologie en agriculture et porte son analyse sur les différentes composantes (plantes, animaux, sols, climat) et leurs interactions au sein d'un agroécosystème (Celine, 2014).

Elle est associée à des travaux sur la protection des cultures, la biologie du sol, la gestion des ressources en eau. Progressivement, le concept évolue et dépasse l'échelle de la parcelle. Dans les années 80, l'agroécologie devient une discipline scientifique à part entière avec son cadre conceptuel et sa méthodologie. Elle consiste à étudier par une approche holistique les écosystèmes agricoles, en intégrant des dimensions sociales, environnementales et économiques. Depuis le début des années 2000, certains experts s'intéressent plus largement aux liens entre producteurs, consommateurs, territoire, société, ressources naturelles et production agricole : l'agroécologie embrasse alors une nouvelle dimension qui est celle du système alimentaire.

2. Associations culturales

L'association culturale est définie comme "la culture de deux ou plusieurs espèces de plantes de manière à ce qu'elles interagissent sur le plan agronomique" (Vandermeer, 1989). L'association culturale est une technique agricole utilisée pour cultiver deux ou plusieurs cultures différentes, en rangs alternés, sur une parcelle de terre agricole donnée, en même temps pendant leur saison de croissance ou dans une période de croissance (Lithourgidis et *al.*, 2011 ; Mousavi et Eskandari, 2011 ; Federer, 2012). Une culture haute est souvent intercalée avec une culture courte dans ce système agricole (Oseni, 2010 ; Undie et *al.*, 2012), comme la culture intercalaire d'une légumineuse et d'une céréale (Undie et *al.*, 2012). Certains auteurs ont décrit cette culture comme des plantations qui sont diversifiées en termes de géotypes, d'espèces, de structures et de fonctions, sont reconnues, comme des systèmes de plantation plus respectueux de l'environnement et plus durables que les monocultures, notamment en cas de mélange d'espèces indigènes (Manson et *al.*, 2013).

2.1 Types d'association culturales

La culture intercalaire est divisée en quatre groupes suivants :

- **Cultures intercalaires en rangs** : Culture simultanée de deux ou plusieurs cultures où une ou plusieurs cultures sont plantées en rangées régulières, et une ou plusieurs autres cultures peuvent être cultivées simultanément en rangées ou au hasard avec la première culture. (Mousavi et Eskandari, 2011 ; Maitra et *al.*, 2019).



Figure 1 : Illustration de la culture intercalaire traditionnelle de maïs et de chou (Feike et al., 2012).

- **Cultures mixtes** : La culture de deux ou plusieurs cultures simultanément sans disposition distincte des rangs. Ce type de culture peut convenir à la culture intercalaire de graminées et de légumineuses dans les pâturages. (Ofori et Stern, 1987 ; Maitra et *al.*, 2019).

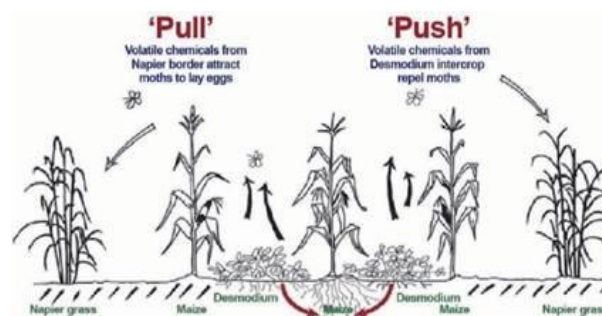


Figure 2 : Illustration de la culture mixte de différentes plantes sur une parcelle de terrain.

- **Cultures intercalaires à relais** : Cultiver deux ou plusieurs cultures simultanément pendant une partie du cycle de vie de chacune. Une deuxième culture est plantée après que la première ait atteint son stade de reproduction mais avant qu'elle ne soit prête pour la récolte (Mousavi et Eskandari, 2011 ; Maitra et *al.*, 2019).

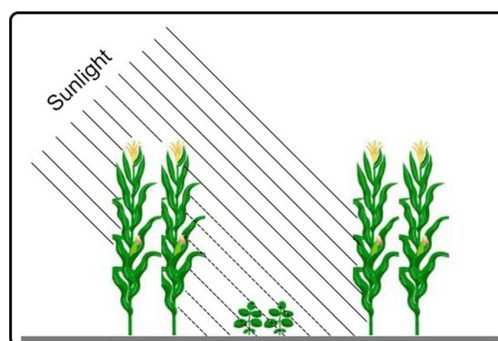


Figure 3 : Représentation schématique d'un système de culture intercalaire en relais maïs-soja (Raza et al., 2019a).

- **Culture intercalaire en bandes** : Cultiver deux ou plusieurs cultures simultanément dans différentes bandes suffisamment larges pour permettre une culture indépendante mais suffisamment étroites pour que les cultures interagissent de manière pratique (Leihner, 1983 ; Maitra *et al.*, 2019)

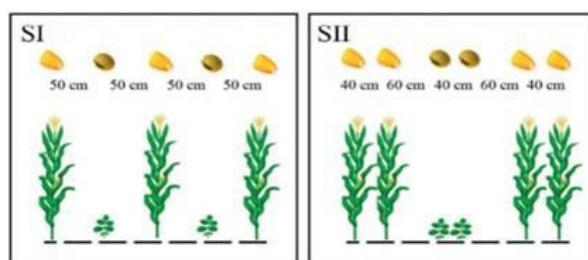


Figure 4 : Représentation schématique de la culture intercalaire à différentes distances (Raza *et al.*, 2019b).

2.2 Fonctionnement de l'association : complémentarité, facilitation et compétition

Les agroécosystèmes de la culture intercalaire se manifestent par une productivité accrue par rapport à ceux de la monoculture, ceci peut s'expliquer par deux processus majeurs qui se traduisent par une meilleure utilisation des ressources : la complémentarité et la facilitation (Fridley, 2001).

2.2.1 Complémentarité :

La complémentarité peut être définie comme une diminution de la compétition/concurrence interspécifique et l'exclusion compétitive, par le partage des ressources entre les espèces associées. C'est le cas notamment lorsque les différences morphologiques entre les espèces associées augmentent la vitesse de couverture du sol et par conséquent le niveau d'efficacité d'interception du rayonnement (Sinoquet et Caldwell, 1995). Les espèces peuvent utiliser les ressources données différemment dans le temps, dans l'espace et dans la forme (Fridley, 2001).

2.2.2 Facilitation :

La facilitation se produit lorsqu'une espèce améliore la croissance ou la survie d'une autre (Callaway, 1995). Cela peut se produire via (i) des mécanismes directs, tels qu'une altération favorable de lumière, la température, l'humidité du sol et les nutriments du sol et (ii) des mécanismes indirects, tels que des changements dans les communautés mycorhiziennes ou microbiennes du sol. Par la suite, nous utilisons la facilitation pour signifier les interactions positives par lesquelles une espèce peut modifier l'environnement biotique/abiotique de ses racines (rhizosphère), bénéficiant finalement à l'espèce associée, en augmentant la disponibilité des nutriments (Callaway, 2007).

On trouve aussi le principe de la compétition :

La compétition qui est définie comme l'ensemble des effets que peut induire la présence d'une plante sur une autre en consommant ou en limitant l'accès à une ressource, dont la disponibilité est limitée (Keddy, 2001). Ces effets peuvent modifier la croissance, la reproduction ou la survie des plantes et ont donc le plus souvent un effet négatif sur l'une ou les deux espèces. On distingue deux grands types de mécanismes de compétition : la compétition par exploitation et la compétition par interférence.

- **Compétition par exploitation** : Elle résulte du fait que les plantes entrent en concurrence pour les ressources abiotiques du milieu (eau, nutriments ou lumière...) ; cette compétition est donc liée au partage des ressources entre les espèces associées (Tilman, 1993).

- **Compétition par interférence** : Quant à cette dernière, elle n'est pas liée aux ressources. C'est le cas par exemple de l'allélopathie qui correspond à la capacité de certaines espèces de libérer dans le milieu des composés chimiques qui affectent directement la performance des autres espèces associées (Rice, 1984). Il est à souligner que les compétitions par exploitation sont bien mieux documentées que les compétitions par interférence dans les études des interactions inter- et intraspécifiques dans les systèmes multi-spécifiques. Par ailleurs, les interactions interspécifiques dépendent des ressources pour lesquelles, les espèces sont en concurrence, des caractéristiques des espèces en interaction et enfin des mécanismes d'interaction (Keddy, 2001).

- **Capacités compétitrices** : Chaque espèce possède des capacités compétitrices particulières dépendant de ses propres tolérances et de son effet sur les autres plantes. On distingue ainsi : i) l'effet compétiteur qui correspond à la capacité d'une espèce à réduire les performances de l'espèce associée ii) la réponse compétitrice qui représente l'aptitude d'une espèce à tolérer l'effet compétiteur de l'espèce qui lui est associée (Goldberg et Landa, 1991). Par ailleurs, lorsque les espèces associées utilisent des ressources du milieu dans des niches différentes comme par exemple les légumineuses qui fixent le N₂ atmosphérique ou/et lorsqu'il existe une complémentarité d'utilisation d'une même ressource dans le temps ou dans l'espace entre les espèces associées, alors la compétition interspécifique peut être inférieure à la compétition intraspécifique, induisant un gain de rendement en association (Willey, 1979a).

2.3 Avantages et inconvénient de la pratique

a. Accroître la production

L'une des principales raisons de l'utilisation des cultures intercalaires dans le monde est qu'elles produisent plus qu'une culture pure sur la même superficie (Neamatollahi et *al.*, 2013).

La production de matière sèche dans les cultures intercalaires de blé et de haricots était supérieure à celle des cultures pures (Ghanbari et Lee 2002). Wiley, considère la culture intercalaire comme une méthode économique permettant d'augmenter la production avec des niveaux plus faibles d'intrants externes. Cette augmentation de l'efficacité d'utilisation est importante, en particulier pour les petits agriculteurs et aussi, dans les zones où la saison de croissance est courte (Mousavi et *al.*, 2011).

Une production plus importante dans les cultures intercalaires peut être attribuée au taux de croissance plus élevé, à la réduction des mauvaises herbes, à la réduction des parasites et des maladies et à une utilisation plus efficace des ressources en raison des différences dans la consommation des ressources (Eskandari et *al.*, 2009b ; Eskandari, 2012b). En outre, s'il existe des "effets complémentaires" entre les composantes de la culture intercalaire, la production augmente en raison de la réduction de la concurrence entre elles (Mahapatra, 2011 ; Zhang et Li, 2003).

b. Meilleure utilisation des ressources environnementales

Les avantages de la culture intercalaire dans la production végétale par rapport à la culture pure sont dus à l'interaction entre les composants dans les cultures intercalaires et la différence dans la concurrence pour l'utilisation des ressources environnementales (Mahapatra, 2011 ; Valdez et Fransen, 1986). Si les composants des cultures intercalaires ont une différence ensemble dans l'utilisation des ressources environnementales, de sorte que sont complémentaires dans l'utilisation de ces ressources, ainsi l'utilisation des ressources est plus efficace qu'une culture pure, et le résultat augmenter le rendement (Jensen, 1996). En termes de concurrence, les composants des cultures intercalaires ne sont pas en compétition pour la même niche écologique, en raison des différences morphologiques et physiologiques, et que la concurrence entre les espèces est moindre que la concurrence au sein des espèces (Vandermeer, 1992).

c. Réduction des dommages causés par les ravageurs et les mauvaises herbes

Réduction des dommages causés par les ravageurs et les mauvaises herbes est un avantage important de la culture intercalaire. Globalement, les stratégies impliquées dans la réduction

des dommages dans les cultures intercalaires peuvent être divisées en trois groupes (Danso et *al.*, 1987) :

- **Hypothèse de la culture délimitatrice** : cette façon que la deuxième espèce, brise la capacité d'un ravageur dans l'attaque à son hôte, et est utilisé plus dans les ravageurs propriétaires.

- **L'hypothèse de la culture piège** : consiste que la deuxième espèce, attire vers elle, le ravageur ou l'agent pathogène qui fait normalement des dégâts à l'espèce principale, et est plus utilisée dans les ravageurs généraux et les agents pathogènes.

- **L'hypothèse des ennemis naturels** : les prédateurs et les parasites sont plus attirés dans la culture intercalaire, que dans la monoculture, et ainsi diminue les parasites et les proies.

Il est bien connu que les adventices interfèrent avec les cultures en provoquant de graves impacts soit par la compétition (pour la lumière, l'eau, les nutriments et l'espace) soit par l'allélopathie. Les modèles de cultures intercalaires sont plus efficaces que les monocultures pour supprimer les mauvaises herbes, mais leur efficacité varie considérablement (Girjesh et Patil, 1991).

Les cultures intercalaires peuvent présenter des avantages en matière de lutte contre les mauvaises herbes par rapport aux cultures pures, et ce de deux manières :

- On peut obtenir un meilleur rendement des cultures et une moindre croissance des mauvaises herbes si les cultures intercalaires sont plus efficaces que les cultures pures pour usurper les ressources des mauvaises herbes ou pour supprimer la croissance des mauvaises herbes par allélopathie.

- Les cultures intercalaires peuvent fournir des avantages en termes de rendement sans supprimer la croissance des mauvaises herbes en dessous des niveaux observés dans la culture pure des composants si les cultures intercalaires utilisent des ressources qui ne sont pas exploitables par les mauvaises herbes ou convertissent les ressources en matériel récoltable plus efficacement que la culture pure.

d. Stabilité et uniformité du rendement

Pour les agriculteurs qui ont des sources limitées, le revenu et la stabilité du rendement des systèmes agricoles est très important. Lorsque plusieurs cultures peuvent être cultivées ensemble, l'échec d'un produit peut être compensé par une autre culture, ce qui réduit le risque. Le risque d'échec agronomique dans les systèmes de multi-culture est plus faible que dans les systèmes de culture pure. Il peut s'agir d'une condition de croissance appropriée pour une espèce et inappropriée pour d'autres espèces (Eskandari et *al.*, 2009a).

e. Améliorer la fertilité des sols et augmenter la teneur en azote

La conservation de la fertilité des sols dans les cultures intercalaires est une forme de rotation qui se fait chaque saison sur la terre. Les bactéries *Rhizobium* sont capables d'entretenir une relation symbiotique avec les plantes de la famille des légumineuses, et peuvent ainsi, fixer l'azote atmosphérique en azote assimilable par les plantes. Le résultat est que l'azote (en tant qu'élément essentiel pour la fertilité du sol et la croissance des plantes) est ajouté au sol (Naudin et *al.*, 2010).

Les inconvénients de la pratique peuvent être observés en trois niveaux (Van der Bom, 2010) :

Au niveau de la plante :

Possibilité que la récolte d'une composante de la culture endommage l'autre, Les systèmes de cultures intercalaires sont généralement difficiles à mécaniser, Possibilité de favoriser la propagation d'une flore et d'une faune nuisibles pour les cultures, Opposition aux systèmes sociaux, économiques et politiques actuellement en place, Par rapport aux cultures individuelles, les systèmes de culture sont plus compliqués et moins bien compris et Considérés comme économiquement inefficaces dans de nombreux systèmes économiques actuels,

Au niveau du sol : il y a une possibilité de sur-extraction des nutriments

Au niveau des racines : lorsqu'elle est en concurrence avec une autre plante, celle-ci peut générer plus de racines et moins de production de grains que lorsqu'elle est cultivée séparément.

III. Amendements organiques

Les amendements organiques (AO) sont des substances diverses provenant de matières organiques naturelles qui peuvent être ajoutées au sol pour améliorer la croissance des plantes (du Jardin, 2015). Les AO sont utilisés commercialement dans les systèmes de production végétale du monde entier, par ajout au sol dans les systèmes de production en plein champ (Handreck et Black, 2002).

L'application de l'AO pendant la production végétale présente de nombreux avantages, notamment l'apport de nutriments, la stimulation de la croissance, l'amélioration de la floraison, l'augmentation de la floraison et de la nouaison, l'augmentation du rendement, la lutte contre les maladies, les parasites et les mauvaises herbes, l'augmentation de la biomasse microbienne bénéfique, l'amélioration de la formation des racines dans les boutures et l'augmentation de la tolérance au stress hydrique (Chong, 2000; Gamliel et *al.*, 2000; Litterick et *al.*, 2004; Quilty et Cattle, 2011).

Partie II : Matériel et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude

Nos expérimentations ont lieu au sein du jardin botanique de l'unité d'Ecologie Végétale et Environnement de l'Ecole National d'agriculture en mode agroécologie.



Figure 5 : Localisation géographique de la parcelle d'essai (Google Earth, 2022)

1. Caractéristiques du sol

Notre essai a été implanté sur un sol de type argilo-limoneux de pH 8.59 principalement dû à une teneur en CaCO_3 très élevée (27.72 g kg^{-1}) par rapport à la valeur référentielle (5.00 à 15.00 g kg^{-1}). L'horizon supérieur ($0\text{-}30 \text{ cm}$) contenait 2.08 de la matière organique, 0.12 g kg^{-1} d'azote Kjeldhal, une CEC de $27.38 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ et des niveaux corrects de phosphore et de potassium (15.72 g kg^{-1} et 0.145 g kg^{-1}).

2. Contexte climatique

Située à une altitude de 663 m , la région de Meknès possède un climat méditerranéen chaud avec un été sec selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Meknès est de 17.1°C et les précipitations sont en moyenne de 511 mm .

II. Essai de la culture de l'oignon en mode agroécologique

1. Méthodologie

Parmi les raisons les plus souvent avancées pour l'adoption des associations d'espèces en agroécologie, résident dans le gain de rendement global par rapport à des cultures « pures » (monospécifiques) et dans l'augmentation significative de la biodiversité et la quasi réduction systématique des intrants agricoles.

Dans notre cas nous nous sommes intéressés à l'étude de l'effet de la fertilisation organique et de l'association de cultures sur le rendement et la protection phytosanitaire de l'oignon conduite en association avec la carotte et le persil.

Les systèmes choisis comme associations culturales pour l'oignon sont comme suit : « l'oignon et la carotte », « l'oignon et le persil », « l'oignon, la carotte et le persil » et enfin l'oignon seul pour servir de témoin. Ces derniers sont refaits en présence de compost comme amendement organique pour suivre son effet sur notre culture principale.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué des plantules de l'oignon rouge issue de la variété locale, et qui a été achetée chez un revendeur à Taoudate. Les carottes et le persil utilisés ont été issus des semences de la variété MUSCADE et *Petroselinum crispum* respectivement. Ces derniers sont utilisés comme des plantes de service à notre culture principale « l'oignon ».

2.1 Généralités sur l'oignon

L'oignon (*Allium cepa* L.), est une plante bisannuelle de la famille des Alliaceae. Il est originaire de l'Asie du Sud. La partie consommée est le bulbe. L'oignon figure parmi les principales cultures maraîchères dans plusieurs continents. En effet la production mondiale est d'environ 16 millions de tonnes de bulbes pour une superficie annuelle, de l'ordre de 1,5 millions d'hectares. Depuis 1984, les superficies marocaines réservées au maraîchage de saison oscillent entre 180000 et 200000 ha annuellement, avec environ 10 % occupés par la culture d'oignon se situant après la pomme de terre (24%) et le melon-pastèque (21%) et devant la tomate (8%) et la carotte (5%). La production nationale annuelle en oignon varie de 300.000 à 400.000 tonnes/an soit un rendement moyen entre 18 et 21 T/ha.

a. Besoins édapho-climatiques de la culture :

La culture n'est pas exigeante en sols, à l'exception d'une texture argileuse pauvre en humus (contraintes d'adhésivité et de plasticité des argiles), alors que les sols sablo-limoneux bien fertilisés favorisent la précocité en plus de l'amélioration de la productivité. Le pH convenable est proche de la neutralité (6,5 à 7,8). La salinité maximale tolérable est de 1,2 mmhos/cm. (Agri Maroc, 2011).

L'optimale de germination a lieu à une température de l'air entre 23° et 27°C (initiation du processus entre 2 et 3°C). L'optimum de croissance se situe entre 20 et 24°C de l'air et entre 10 à 30°C du sol. La culture résiste au froid jusqu'à -5 à -10°C pour le feuillage et au seuil de -15°C pour le bulbe. La vernalisation ou la levée de dormance, suivie d'une montée en graine, est provoquée par les basses températures (4 à 10°C) durant une longue période (4 à 8 semaines). La plante est très exigeante en lumière surtout au stade "plantule". La bulbaison nécessite normalement un minimum de 10 heures de lumière par jour (caractère variétal).

Une humidité relative de l'air élevée (supérieure à 70%) favorise l'enracinement du bulbe récolté et réduit ainsi sa qualité. Une humidité de l'air excessive (supérieure à 70% HR) peut entraîner une recrudescence de maladies cryptogamiques redoutables (mildiou).

b. Besoins en eau :

En général, la culture demande une bonne répartition des apports d'eau : (1) les variétés précoces exigent un volume d'eau total de l'ordre de 400 mm/cycle productif ; (2) les variétés tardives en ont besoin d'environ 600 mm/cycle. La germination est moins exigeante en eau que la croissance.

c. Besoins en éléments minéraux

La formule de fond est de 80-70-150 kg/ha, respectivement de N, P₂O₅ et K₂O. La formule globale est de 250-100-350 kg/ha. La différence étant la fumure de couverture. L'azote peut être apporté sous forme d'ammonitrate, P sous la forme de supertriple et K sous la forme de sulfate de potasse. L'apport de soufre est important pour l'oignon de conservation. L'élément S aide à la bonne conservation des bulbes.

2.2 Généralités sur quelques maladies fongiques de l'oignon

a. Moisissure noire

Elle est provoquée par *Aspergillus niger* Tiegh et se caractérise par une coloration noire poussiéreuse sur la hauteur des collets et parfois sur les tuniques externes. Les oignons meurtris sont plus susceptibles à ce champignon. Cette moisissure ramollit les tissus de l'oignon, ce qui engendre souvent la pourriture molle bactérienne (Koné, 2014). La maladie est le plus souvent rencontrée dans les régions de production tropicales et subtropicales où les températures élevées favorisent son développement.

b. Pourriture du col

Cette maladie est fréquemment observée au niveau des oignons entreposés. Elle est causée par des espèces de Botrytis tels que *B. allii* Munn, et *B. squamosa* (Koné, 2014). L'infection se manifeste au cours de l'entreposage par une pourriture du collet (Delahaut et Stevenson, 2004). Il arrive souvent que la pourriture se manifeste avant la récolte des bulbes.

Il y a habituellement, à l'intérieur de l'oignon, une séparation entre les tuniques saines et les tuniques infectées. Au fur et à mesure que la maladie progresse, les tissus deviennent gris et une moisissure grise se forme. Des sclérotés noirs apparaissent tôt ou tard dans les tissus affectés. Les symptômes de pourriture peuvent facilement être confondus avec ceux de la

pourriture bactérienne. Le bulbe finit par être complètement détérioré. Parfois, les deux maladies sont présentes en même temps (Delahaut et Stevenson, 2004).

c. Pourriture basale

La Pourriture basale de l'oignon est causée par *Fusarium oxysporum f. sp. cepae*. Selon Sinaré (1997) la fusariose est responsable des fontes de semis. Ce champignon pénètre d'abord dans le plateau des bulbes à partir des racines produisant ensuite de graves pertes en stockage. L'infection se développe en général lorsque les températures du sol sont très élevées. Les premiers symptômes au champ sont le jaunissement des feuilles et le dépérissement de leur extrémité. Au fur et à mesure que la maladie progresse, toute la partie aérienne de la plante peut s'affaïsser. Le plateau de l'oignon prend une coloration brun rosâtre et la zone infectée devient vulnérable à des pourritures bactériennes secondaires. Si l'infection se produit tard dans la saison, il arrive que les symptômes n'apparaissent qu'une fois les oignons entreposés (Koné, 2014).

2.3 Lutte contre le fusarium spp.

La gestion intégrée des maladies des plantes a démontré une grande efficacité dans le contrôle de plusieurs agents pathogènes à l'échelle mondiale, notamment *Fusarium*, tout en utilisant de multiples stratégies et tactiques pour maintenir ces agents pathogènes sous le préjudice économique (Hussein, 2019). La flétrissure fusarienne est généralement contrôlée par diverses techniques, mais le pathogène demeure difficile à contrôler en utilisant une seule méthode de protection des plantes. Il n'existe actuellement aucun moyen pour contrôler totalement cette maladie. On peut cependant faire en sorte d'éviter le développement de la Fusariose par :

a. Lutte chimique

L'application de fongicides chimiques est le moyen le plus efficace de lutte contre cette maladie, mais présente beaucoup d'effets néfastes. Elle se fait par une désinfection du sol à l'aide de fongicides. Certains fongicides systémiques tels que le benomyl, le carbendazime et le thiophanate de méthyle avaient prouvé leur efficacité contre une large gamme de champignons pathogènes du sol, y compris *Fusarium sp* (Hussein, 2019). Le triazole et ses dérivés restent les fongicides les plus utilisés. (Saighi et Ben Hamdi, 2020).

b. Lutte génétique

Il s'agit des cultivars résistants ; la réception régulière de variétés améliorées et résistantes est une opération de longue haleine qui nécessite des moyens de recherches importants (Saighi et Ben Hamdi, 2020).

c. Lutte physique

(Saighi et Ben Hamdi, 2020) ont développé un traitement à l'eau chaude pour protéger les plants dans un sol où la maladie s'est déjà manifestée. La méthode consiste à traiter les racines avec de l'eau à 48-49°C pendant 30 secondes avant de les transplanter au moins 48 heures après, cela stimule la croissance des racines et les renforce.

d. Techniques culturales

La prévention classique contre toute sorte de maladies est la rotation des cultures. En effet, elle doit être effectuée autant que possible car le champignon est souvent spécifique d'une vingtaine famille de plantes (Eva et *al.*, 2019).

Le déchaumage, les dates optimales de semis, les conditions de labour ainsi que l'élimination des mauvaises herbes participent à leur tour à diminuer les risques d'infection (Saighi et Ben Hamdi, 2020).

e. Lutte biologique

La lutte contre les agents pathogènes telluriques, se fait principalement via les bactéries appartenant aux quatre genres (*Streptomyces*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, et *Pseudomonas*), et des champignons des genres *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrium*, *Trichoderma*, et *Fusarium oxysporum* non pathogènes (Saighi and Ben Hamdi, 2020).

D'autres recherches se sont orientées vers l'usage des métabolites secondaires des plantes (bipesticides botaniques) comme méthode alternative de lutte biologique. Les extraits de ces plantes auraient ainsi des propriétés protectrices.

- Biopesticides botaniques

Les biopesticides végétaux représentent l'une des alternatives à la dépendance aux pesticides chimiques. Même si, employés seuls, ils sont généralement moins efficaces à court terme que leurs homologues chimiques. Néanmoins, ils présentent de nombreux avantages écologiques qui ne peuvent pas être ignorés. Utilisés dans une stratégie de lutte intégrée en combinaison avec les pesticides chimiques, ils permettent de limiter la quantité d'intrants ainsi que l'apparition de nuisibles résistants. En plus, l'interdiction de certaines substances actives de synthèse ces dernières années avec le durcissement de la réglementation incite à développer l'utilisation des méthodes alternatives à la lutte chimique (Lengai et *al.*, 2020).

Dans ce contexte, l'utilisation des extraits végétaux en protection des cultures est une solution prometteuse d'avenir. En effet, les plantes qui sont des sources de pesticides botaniques sont facilement disponibles dans la nature et la plupart d'entre elles ont de multiples usages tels que

les médicaments, les épices, les plantes ornementales, les denrées alimentaires. Leur disponibilité les rend bon marché et donc ils sont facilement intégrés dans les systèmes de production agricole (Lengai et *al.*, 2020).

Cet attribut rend les pesticides botaniques efficaces, fiables et acceptables pour la protection durable des cultures.

3. Installation de la culture

3.1 Préparation du sol

Le sol de la parcelle d'essai a été préparé par deux passages superficiels à l'aide d'un cover-crop, afin d'enlever les plantes adventices. La formation des petits billons a été réalisée manuellement à l'aide d'une sape après avoir tracé les parcelles élémentaires. Les photos suivantes illustrent les parcelles après le travail et le traçage du sol.



Figure 6 : Image des différentes activités menées pour la préparation du sol : (a) traçage de parcelle élémentaire (b) formation des billons (c) Ameublissement du lit de semence à l'aide d'une herse rotative.

3.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental choisi pour nos essais est de type blocs aléatoires complets (DBAC), comportant huit traitements disposés en trois blocs, chaque bloc comporte 8 parcelles.

L'essai représente au total 24 parcelles élémentaires. Chaque parcelle mesure 4m de long et 3m de large soit une superficie de l'essai de $40\text{m} \times 16\text{m} = 640\text{m}^2$.

Le bloc 1 et 2 sont espacés de 1m et le bloc 3 est espacé du bloc 2 de 4,5m (zone réservée au passage du goutte à goutte) et les parcelles élémentaires de 1m. les différents types de traitement apporté sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Les différents traitements avec et sans fertilisation organique

Traitement sans fertilisation organique		Traitement avec fertilisation organique	
T0	Oignon	T4	Oignon + Compost
T1	Oignon + Carotte	T5	Oignon + Carotte + Compost
T2	Oignon + Persil	T6	Oignon + persil + Compost
T3	Oignon + persil + Carotte	T7	Oignon + persil + Carotte + Compost

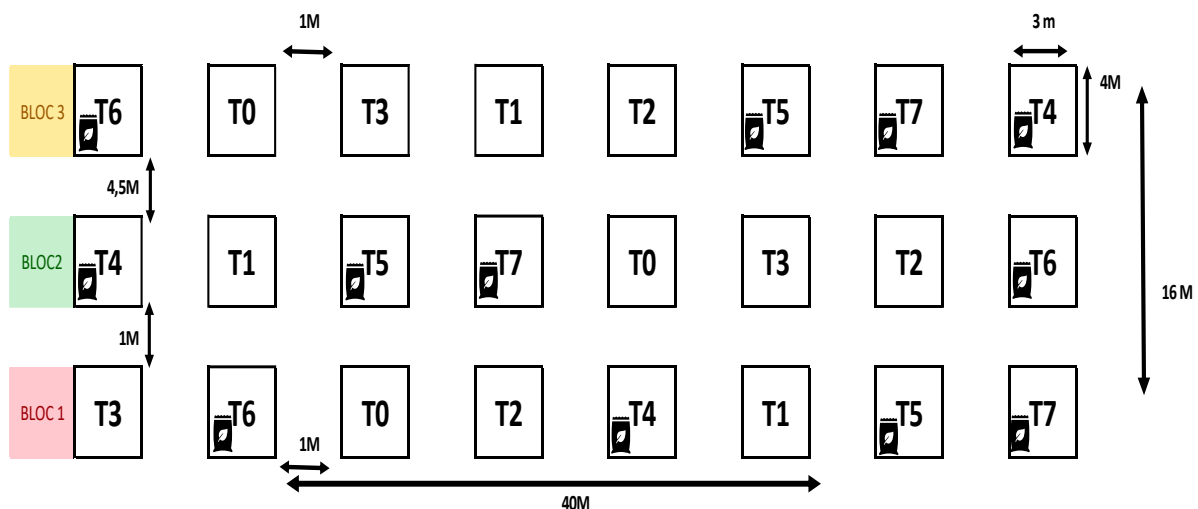


Figure 7: Dispositif expérimental adopté pour l'essai de l'association de culture entre Oignon, Carotte et le persil.

3.3 Parcelle élémentaire

Pour chaque parcelle élémentaire, l'espacement choisi est de l'ordre de 30cm entre les lignes et 20cm entre les plants. Le nombre des parcelles élémentaires est de 8 parcelles par bloc et chaque parcelle élémentaire contient 14 lignes.

Le tableau ci-dessous illustre la répartition des cultures au sein des parcelles élémentaires.

Tableau 2 : Nombre de lignes dans chaque traitement

Traitement	Culture	Nombre de ligne	Nbr de Parcelle
T0	Oignon	14	3
T1	Oignon + Carotte	7+7	3
T2	Oignon + persil	7+7	3
T3	Oignon + persil + Carotte	5+5+4	3
T4	Oignon + Compost	14	3
T5	Oignon + Carotte + Compost	7+7	3
T6	Oignon + persil + Compost	7+7	3
T7	Oignon + persil+ Carotte + Compost	7+5+4	3

3.4 Semis

Le semis des plantules de l'oignon, carotte et persil a été effectué manuellement, le 03/03/2022. Pour l'oignon une dose de plantules équivalent de 3000 bulbes (voir annexe 1).



Figure 8 : (a) Semences de carotte utilisées (Variété Muscade), (b) Boutures de l'oignon utilisées (Variété Hamra), (c) Semences de persil utilisées

3.5 Irrigation

Pour nos essais, le système d'irrigation localisé adopté étant le goutte à goutte, les images suivantes illustre l'installation du système. La parcelle est irriguée une heure par jour à raison de 1.6L/h



Figure 9 : (a) Installation des tuyau goutte à goutte, (b) et (c) Installation des T

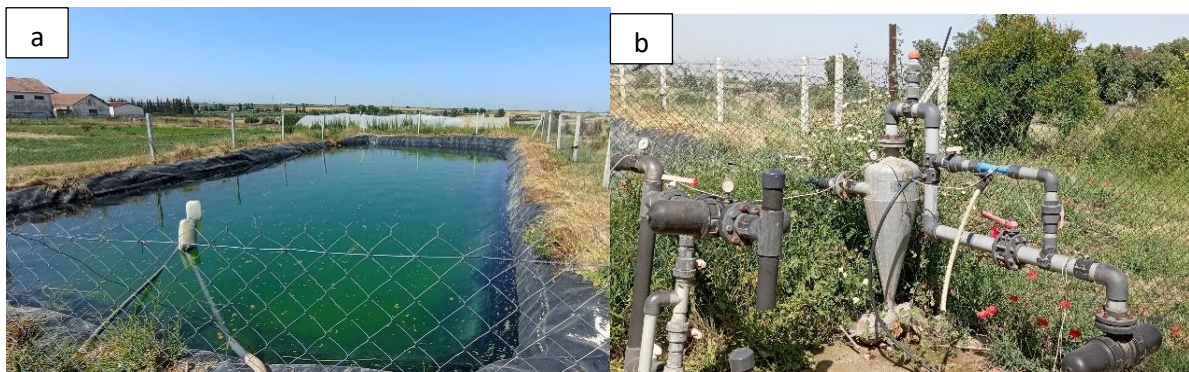


Figure 10 : (a) Bassin utilisé pour l'irrigation, (b) Pompe

3.6 Désherbage

Trois opérations de désherbage ont été réalisées à la main et à l'aide d'une sape, la première a été effectuée avant le semis, la deuxième était effectuée du 23/04/2022 au 30/04/2022 après semis, la troisième était effectuée le 3 juin 2022.



Figure 11: Images des différentes activités menées pour le désherbage. (a) et (c) Désherbage de la parcelle à la main, (b) Désherbage de la parcelle sape main.

3.7 La fertilisation

La fertilisation a été appliquée un jour avant le semis de l'oignon, la dose a été de l'ordre de 20t/ha. Cette dose a été choisie en fonction des analyses du sol réalisées en laboratoire du sol à l'ENAM (Annexe 2), où on observe que la matière organique enregistrée 2.08 est supérieure à la valeur référentielle (1.60 à 2.00) ce qui explique une richesse des parcelles de l'essai en MO. L'application du compost dépend du traitement, les parcelles contenant du compost ont reçu une quantité de 24 kg par parcelle. $20\ 000\text{ kg} \times 12\text{m}^2$ (superficie de la parcelle élémentaire) / $10\ 000\text{ m}^2 = 24\text{ kg}$



Figure 12 : Compost utilisé (Eco compost)

3.8 Adventices

Les mauvaises herbes présentes dans la parcelle ont été recensées par l'installation de trois quadrats 0,5m² par échantillon aléatoirement. L'identification a été réalisée au niveau de l'unité d'écologie végétale à l'aide d'une flore servant de clé détermination qui a été mis à notre disposition par le laboratoire d'écologie. L'abondance des adventices a été calculée par la formule suivante :

Abondance relative = Nombre d'individus d'une espèce/Nombre total d'individus dans les échantillons x 100. (Delassus, 2015)

La méthode de lutte contre ces adventices est la lutte culturale à savoir le sarclage qui consiste à travailler superficiellement le sol et à enlever les herbes indésirables présentes dans la culture avant qu'ils ne deviennent très nuisibles, ceci a été effectué à l'aide de la binette et la sape.



Figure 13: Recensement des mauvaises herbes dans le traitement en utilisant un quadrat de 0,50m².

4. Suivi phytosanitaire

4.1 Le matériel fongique

L'échantillon manifestant des symptômes typiques de flétrissement fusarien de l'oignon a été collecté à partir de notre essai qui se situe à l'unité d'écologie végétale à l'ENA Meknès. Il a été ensuite ramené au laboratoire de l'unité de phytopathologie du même établissement.

a. Isolement du champignon

La méthode d'isolement consiste à prendre des feuilles, tige, et racine où les symptômes sont encore au début du cycle. Elles sont nettoyées avec de l'eau distillée stérile, coupé en petits morceaux, désinfecté avec de l'éthanol, puis mise dans des boîtes de Pétri contenant 15 à 20 ml de PDA.

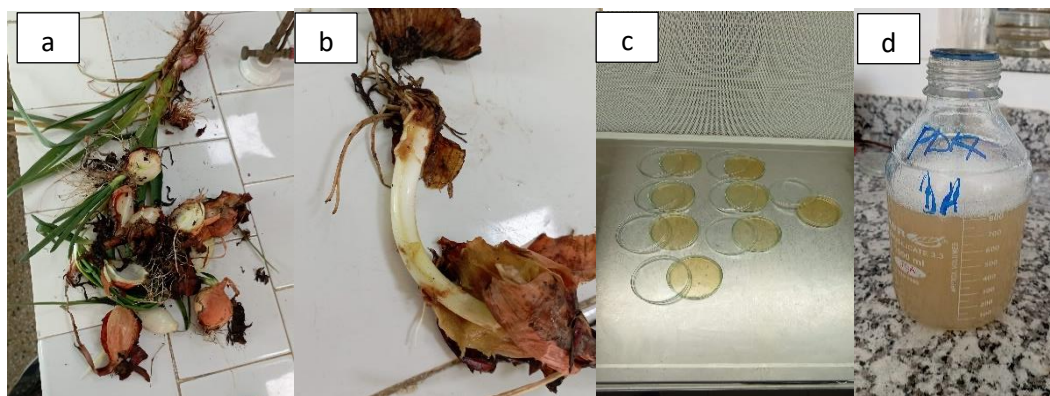


Figure 14: (a) et (b) Echantillons de l'oignon présentant des symptômes, (c) Boîte de pétri contenant 20 ml de PDA, (d) Milieu PDA.

b. Identification de champignons

Nous avons procédé à l'observation visuelle des colonies des espèces de champignon issues des repiquages pour déterminer les caractères morphologiques, puis à une observation des mycéliums sous le microscope optique. L'identification a été confirmée par l'équipe spécialiste dans le domaine dans le laboratoire de phytopathologie (Doctorante Hari Amal et autres...).

4.2 Le matériel végétal

Etant donné que plusieurs études antérieures ont montré le rôle important des extraits de plantes dans le contrôle de différents champignons pathogène de plantes, trois extraits de plantes de différentes familles botaniques ont été sélectionnés pour des tests d'activité fongicide.

Il s'agit de la sauge, l'origan et le romarin qui sont des espèces originaires du bassin Méditerranéen (Pam, 2014). Les parties aériennes contiennent un large éventail de composants actifs en médecine (Pezzani et *al.*, 2017). Les extraits de la sauge, l'origan et le romarin sont de bons candidats pour remplacer les produits chimiques de synthèse utilisés par l'industrie. L'extrait de celle-ci d'eau a des propriétés antioxydantes une teneur phénolique très importante (Teixeira et *al.*, 2013). Ces plantes ayant fait l'objet de l'étude ont été prélevées du jardin botanique de l'unité d'Ecologie Végétale à l'ENA Meknès. Chacune a été séchée à l'étuve à 35°C puis broyer. La poudre obtenue est utilisée pour les différents tests de l'étude.

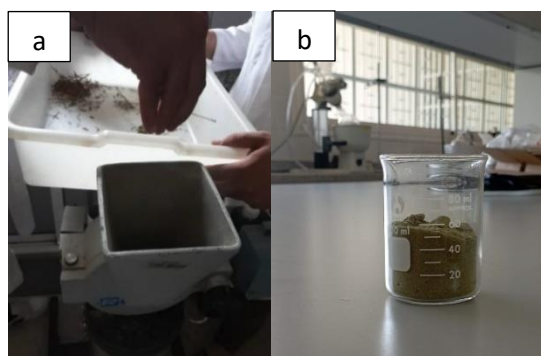


Figure 15: (a) Broyage des plantes sèches, (b) Poudre obtenue

4.3 Activité antifongique des extraits de plante sur la fusarium

L'espèce fongique sur lesquels a porté notre étude, est : *Fusarium oxysporum*. Dans cette partie, nous avons étudié l'effet biocide des extraits (poudre) des plantes sur cette espèce.

- Croissance mycélienne :

L'essai s'est basé sur le protocole de technique de diffusion en milieu solide de (El Khetabi et al., 2020). Il consiste à :

- Peser les différentes concentrations 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2.5 ; et 5 g/ml de la poudre de chacune des plantes.
- Ajouter les différentes quantités à 100 ml du milieu PDA pour atteindre la concentration souhaitée.
- Agiter la suspension résultante pendant une heure
- Autoclaver pendant 20 min à 121°C
- Filtrer et distribuer dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre
- Inoculer les plaques avec le disque de culture âgée de 7 jours de *F.oxysporum*
- Incuber à 28°C pendant 7 jours.
- Les agents pathogènes cultivés sur PDA sans poudre végétale vont servir de témoins.
- Calculer le pourcentage d'inhibition

III. Observation et mesures

1. Mode d'échantillonnage

En vue de suivre les paramètres qui influencent le rendement et la qualité des cultures, cinq répétitions, de chaque traitement, ont été réalisées pour les paramètres mesurés non destructifs (Mesure du collet, nombre de feuilles et hauteur de la plante). Cependant pour mesurer l'effet antifongique des extraits de plante sur la fusarium nous avons calculé le Taux d'inhibition de la croissance mycélienne (MGI).

2. Paramètres mesurés

- Mesure du diamètre du collet :

Les diamètres du collet de l'oignon ont été déterminés à l'aide d'un pied à coulisse en millimètres.

- Nombre de feuille par plante :

Le nombre de feuilles a été déterminé en comptant le nombre total de feuilles des plantes échantillonnées. Ce paramètre est un indicateur important pour mesurer la production de la masse végétative.

- Hauteur de la plante :

Ce paramètre a été mesuré en centimètres, depuis la surface du sol jusqu'à la pointe de la feuille mûre dans la plante, en utilisant une règle.



Figure 16: Mesure des paramètres agronomiques à l'aide d'une règle pour mesurer la hauteur des cultures, et d'un pied à coulisse pour mesurer le diamètre du collet.

- Taux d'inhibition de la croissance mycélienne (MGI)

$$\text{MGI} = \left[\frac{(\text{diamètre de la colonie sur le traitement témoin} - \text{diamètre de la colonie sur le traitement avec extrait})}{\text{diamètre de la colonie sur le traitement témoin}} \right] \times 100.$$

IV. Analyse statistique de données

Les paramètres mesurés à travers notre essai ont été enregistrées sur le logiciel EXCEL (version 2019). Toutes les données ont été traitées par le logiciel d'analyse statistique SPSS (version 23) en utilisant le modèle d'ANOVA.

Partie III : Résultats et discussion

I. Analyse des paramètres agronomiques mesurés

1. Traitement sans compost

1.1 Hauteur moyenne de la plante

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ont montré qu'il existe une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les traitements, pour la Hauteur de la plante, pour toutes les dates de mesure après semis. Ces résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Celles-ci ont montré que quelque soit le traitement apporté à la plante, ils augmentent et influencent positivement sur la hauteur de l'oignon par rapport au témoin et ceci quelque soit le temps pris en considération (30j, 60j, 90j). Globalement la hauteur de la plante augmente d'une manière importante en fonction du temps. Ceci, semble évident due la croissance de la plante se développe dans le temps.

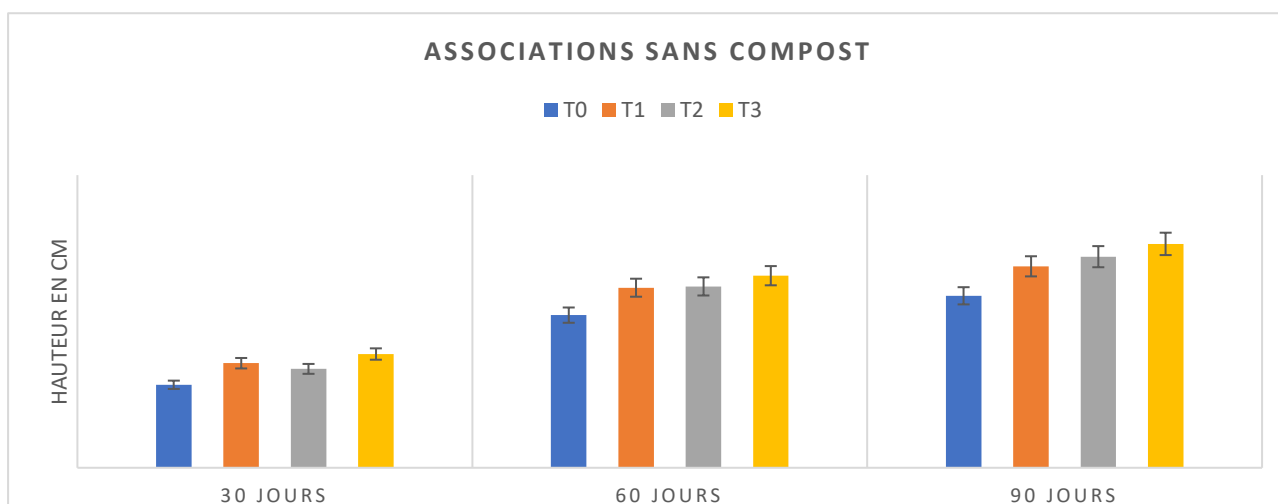


Figure 17 : Comparaison de la hauteur moyenne de l'oignon au niveau des traitements sans compost et dates après semis.

L'effet bénéfique de l'association « Oignon + carotte » sur la hauteur moyenne de l'oignon a été clairement démontré par nos résultats. Cette dernière a enregistré des valeurs supérieures par rapport au témoin à chaque date de semis, 35,73cm, 61,53cm et 68,84cm respectivement. En outre, nous avons remarqué que le traitement T2 « Oignon +Persil » a donné des valeurs supérieures par rapport au témoin à chaque date de semis (30j,60j et 90j). Les valeurs obtenues sont : 33,79cm, 61,97cm et 72,13cm respectivement.

Par ailleurs le traitement T3 « Oignon + Carotte + Persil » induit une augmentation importante de la hauteur moyenne de l'oignon. Cette augmentation explique clairement l'effet de l'association des deux plantes utilisées sur la croissance de l'oignon. Ainsi, les valeurs obtenues ont été largement supérieure par rapport au témoin : 38,37cm, 65,63cm et 76,51 cm respectivement.

De ces résultats, il ressort que l'association des deux plantes (Carotte Persil) représente un effet bénéfique pour le développement de l'oignon en comparaison avec l'utilisation séparée des 2 plantes ($T3 > T2 > T1 > T0$).

1.2. Nombre de feuilles

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ont montré qu'il existe une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les traitements, pour le nombre moyen de feuilles de l'oignon, pour toutes les dates de mesure après semis. Ces résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Celles-ci ont montré que quelque soit le traitement apporté à la plante, ils augmentent et influencent positivement sur le nombre de feuilles de l'oignon par rapport au témoin et ceci quelque soit le temps pris en considération (30j, 60j, 90j). Globalement le nombre de feuilles augmente d'une manière importante en fonction du temps. Ceci, semble évident due la croissance de la plante se développe dans le temps.

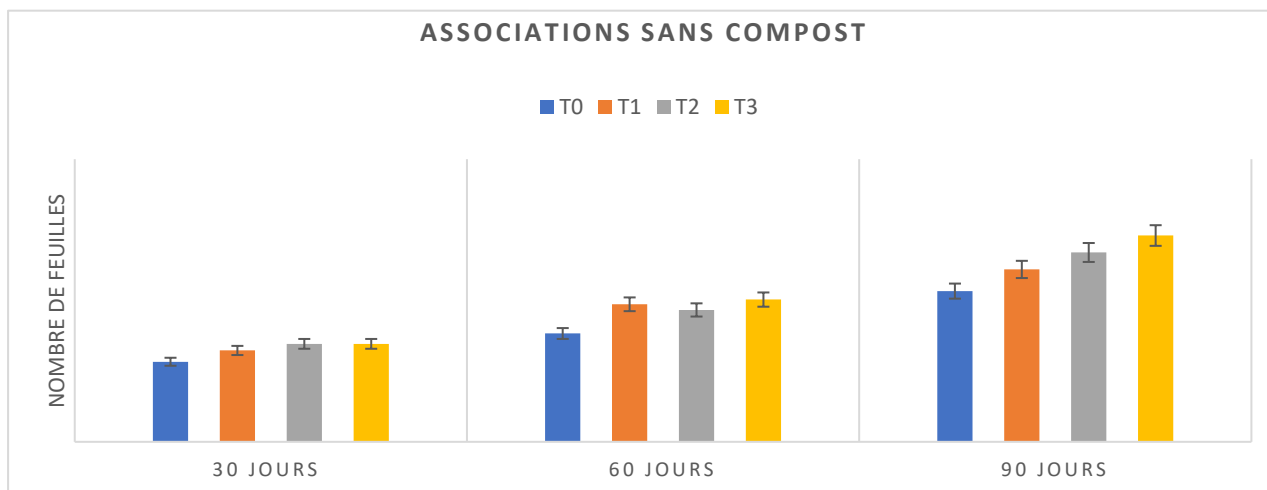


Figure 18 : Comparaison du nombre moyen des feuilles de l'oignon au niveau des traitements sans compost et dates après semis

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'émission de nouvelles feuilles chez l'oignon chez tous les traitements s'est accélérée après 60 jours après semis.

L'effet bénéfique de l'association « Oignon + carotte » sur le nombre moyen de feuilles a été clairement démontré par nos résultats. Cette dernière a enregistré des valeurs supérieures par rapport au témoin à chaque date de semis, 6,5, 9,7 et 12,2 respectivement. En outre, nous avons remarqué que le traitement T2 a donné des valeurs supérieures par rapport au témoin à chaque date de semis (30j, 60j et 90j). Les valeurs obtenues sont (6,9), (9,3) et (13,4) respectivement.

Par ailleurs, au traitement T3 « Oignon + Carotte + Persil » induit une augmentation importante du nombre moyen de feuilles de l'oignon. Cette augmentation explique clairement l'effet de l'association des deux plantes utilisées sur le développement du nombre de feuilles chez

l'oignon. Ainsi, les valeurs obtenues ont été largement supérieures par rapport au témoin : : (6,9), (10,1) et (14,6) respectivement. De ces résultats, il ressort que l'association des deux plantes (Carotte + Persil) représente un effet bénéfique pour le développement de l'oignon en comparaison avec l'utilisation séparée des deux plantes ($T3 > T2 > T1 > T0$).

1.3. Diamètre moyen du collet

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ont montré qu'il existe une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les traitements, pour le diamètre du collet de l'oignon, pour toutes les dates de mesure après semis. Ces résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Celles-ci ont montré que quelque soit le traitement apporté à la plante, ils augmentent et influencent positivement sur le diamètre du collet par rapport au témoin et ceci quelque soit le temps pris en considération (30j, 60j, 90j). Globalement ce dernier augmente d'une manière importante en fonction du temps. Ceci, semble évident due la croissance de la plante se développe dans le temps.

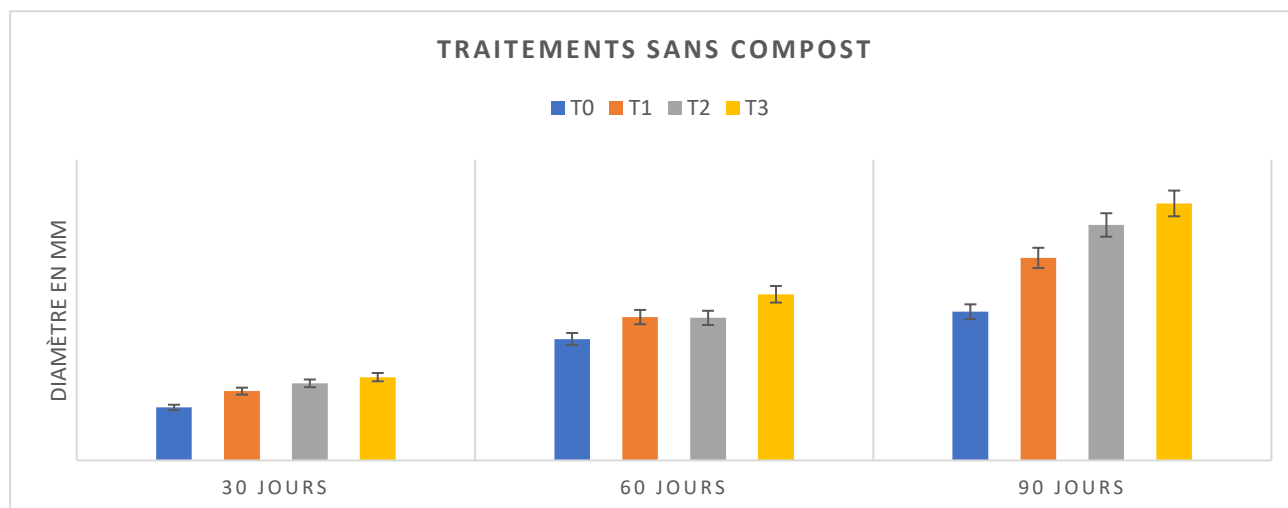


Figure 19 : Comparaison du diamètre du collet de l'oignon au niveau des différents sans compost et dates semis.

L'effet bénéfique de l'association « Oignon + carotte » sur le diamètre moyen du collet a été clairement démontré par nos résultats. Cette dernière a enregistré des valeurs supérieures par rapport au témoin à chaque date de semis, 9,22mm, 19,07mm et 26,95mm respectivement. En outre, nous avons remarqué que le traitement T2 « Oignon +Persil » a donné des valeurs supérieures par rapport au témoin à chaque date de semis (30j,60j et 90j). Les valeurs obtenues sont : 10,26mm, 18,97mm et 31,33mm respectivement.

Par ailleurs le traitement T3 « Oignon + Carotte + Persil » induit une augmentation importante du diamètre moyen de l'oignon. Cette augmentation explique parfaitement l'effet de l'association des deux plantes utilisées sur le développement du diamètre du collet chez

l'oignon. Ainsi, les valeurs obtenues ont été largement supérieures par rapport au témoin : 11,08mm, 22,11mm et 34,19mm respectivement.

L'effet bénéfique de l'association (Oignon + Carotte + Persil) a été observé sur tous les paramètres agronomiques mesurés (hauteur, nombre de feuilles et diamètre du collet). Ceci, semble évident due la corrélation existante entre ces derniers. Cet effet bénéfique peut être expliqué par l'influence de ces deux plantes par de nombreux effets, dont une utilisation meilleure de ressources, l'interaction favorable, la complémentarité, l'effet de l'ombrage et l'action répulsive des insectes et autres.

Ceci, semble en accord avec plusieurs travaux effectués par (Eskandri, 2012) ayant montré que la culture de certaines variétés dans les systèmes intercalaires entraîne de nombreux effets positifs tels que la croissance contrôlée des plantes, l'augmentation de la production de biomasse et du rendement. Ainsi, d'autres auteurs (Trenbath, 1993 ; Hauggaard-nielsen et *al.*, 2001 ; Corre-Hellou et *al.*, 2011) ont montré que la culture de l'oignon en association permettrait de réduire les risques de développement des adventives, de maladies et de ravageurs tels que les pucerons et les sitones.

De nombreux auteurs confirment également l'effet de la complémentarité et d'ombrage du persil et carotte, tel que l'étude de Wach D, et ses collaborateurs 2011 qui ont démontré que parmi toutes les combinaisons de culture comparées, la plus favorable pour l'oignon était la culture intercalaire avec le persil et la carotte. La même étude a démontré que la carotte et le persil ont produit la plus grande masse de feuilles en culture intercalaire avec l'oignon (1,08 et 3,60 kg m⁻² respectivement), ceci explique l'effet de couverture du sol grâce à leur feuillage limitant ainsi l'évaporation de l'eau et engendrant un effet d'ombre qui entrave la poussée des mauvaises herbes.

Ces résultats sont cohérents avec plusieurs travaux, notamment celui de Ismail Guvenc et ErtanYildirim (2016) qui ont montré que les systèmes de culture intercalaire basés sur le chou étaient plus productifs et rentables et utilisaient les ressources du sol plus efficacement que la seule culture du chou. L'étude a également montré que la culture intercalaire n'avait pas d'effet négatif sur la production de chou et produisait un rendement supplémentaire de cultures intercalaires telles que le haricot, la laitue, l'oignon et la laitue frisée.

2. Traitements avec compost

2.1 Hauteur moyenne de l'oignon

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ont montré qu'il existe une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les traitements, pour la Hauteur de la plante, pour toutes les dates de mesure après semis. Ces résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Celles-ci ont montré que le traitement T6 (Oignon + Persil + Compost) a un effet positivement significatif sur la hauteur moyen de l'oignon par rapport au témoin et aux deux autres traitements à chaque date après semis.

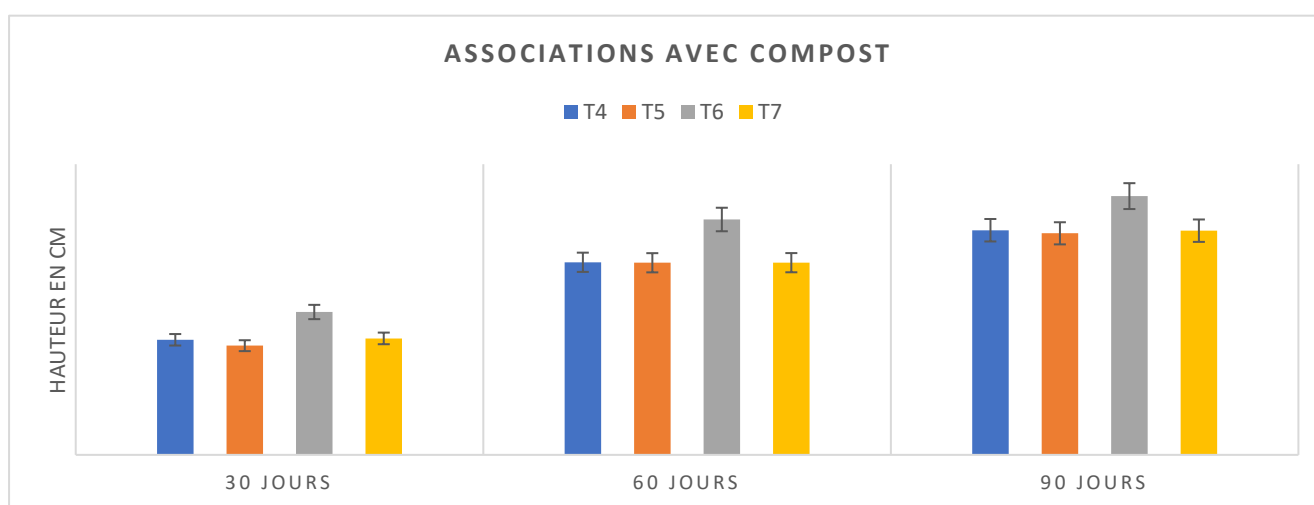


Figure 20 : Comparaison de l'évolution de la hauteur de l'oignon au niveau des traitements avec compost et dates après semis.

Les résultats obtenus ont montré que les traitements T5 « Oignon + Carotte + Compost » et T7 « Oignon + Carotte + Persil + Compost » n'ont pas un effet bénéfique sur la hauteur moyenne en comparaison avec le témoin (T4). Les valeurs enregistrées n'affectent pas de celle du témoin.

Par contre, le traitement T6 « Oignon + Persil + Compost » nous permet d'avoir une augmentation importante de la hauteur de l'oignon. Cette augmentation explique clairement l'effet bénéfique du persil associé à l'oignon. Les hauteurs moyenne obtenu se montrent largement supérieur au témoin. Ainsi les valeurs obtenues sont : 49,15cm, 80,98cm et 89,03cm respectivement.

De ces traitements, il apparait que T6 était le plus performants, il augmente la hauteur par rapport au témoin et aux autres traitements (T5 et T7).

2.2 Nombre de feuilles

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ont montré qu'il existe une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les traitements, pour le nombre de feuilles de l'oignon, pour toutes les dates de mesure après semis. Ces résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Celles-ci ont montré que le traitement T6 (Oignon + Persil + Compost) a un effet positivement significatif sur le nombre moyen de feuilles par rapport au témoin et aux deux autres traitements à chaque date après semis.

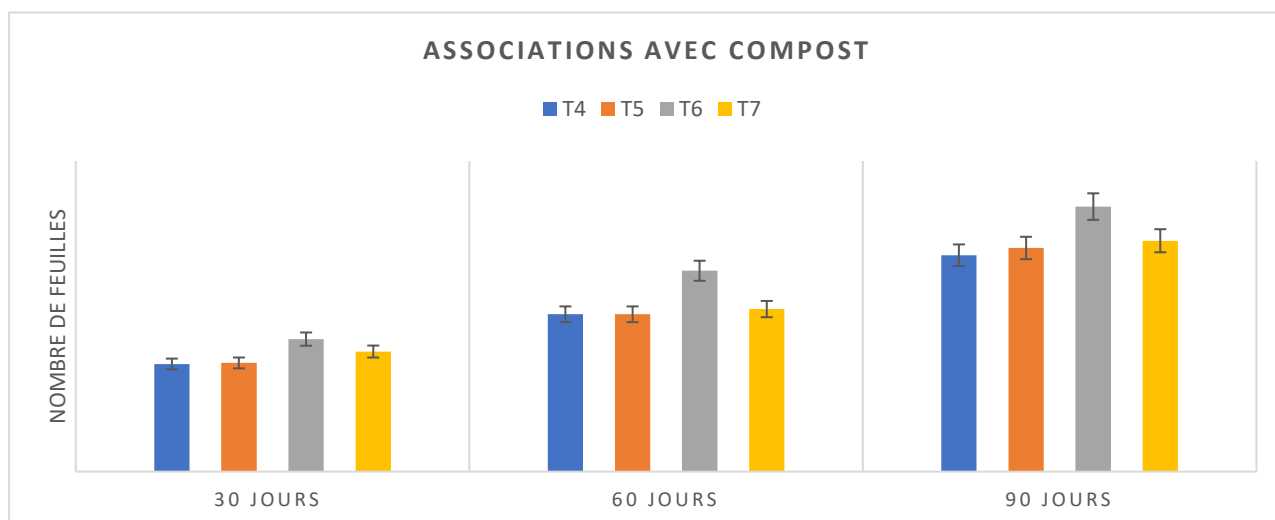


Figure 21 : Comparaison de l'évolution du nombre de feuilles de l'oignon au niveau des traitements avec compost et dates après semis

Les résultats obtenus ont montré que les traitements T5 « Oignon + Carotte + Compost » et T7 « Oignon + Carotte + Persil + Compost » n'ont pas enregistrées une différence significative sur le nombre de feuilles en comparaison avec le témoin T4. Les valeurs enregistrées sont soit en égalité (cas de T5 en premier et en deuxième mois) ou faiblement supérieure (cas de T7 en 3 mois) du témoin.

Par contre, le traitement T6 « Oignon + Persil + Compost », on observe une augmentation très importante du nombre moyen de feuilles de l'oignon. Cette augmentation explique clairement l'effet bénéfique du traitement, ou à chaque date après semis on a obtenu ces résultats suivants qui sont largement supérieure par rapport au témoin. Ainsi les valeurs obtenues sont : (8,5), (12,9) et (17,1) respectivement. De ces traitements, il apparait que T6 était le plus performants, il augmente le nombre de feuilles par rapport au témoin et aux autres traitements (T5 et T7).

2.3 Diamètre moyen du collet

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ont montré qu'il existe une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les traitements, pour le diamètre du collet de l'oignon, pour toutes les dates de mesure après semis. Ces résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Celles-ci ont montré que le traitement T6 (Oignon + Persil + Compost) a un effet positivement significatif sur le nombre moyen de feuilles par rapport au témoin et aux deux autres traitements à chaque date après semis.

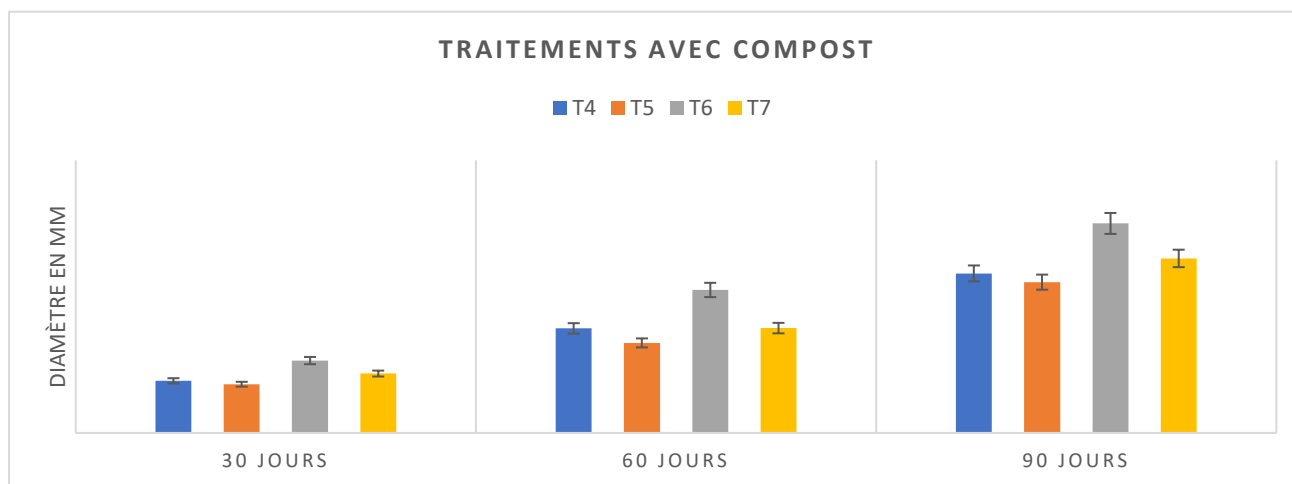


Figure 22 : Comparaison de l'évolution du diamètre du collet de l'oignon au niveau des différents avec compost et dates semis.

Les résultats obtenus ont montré que les traitements T5 « Oignon + Carotte + Compost » et T7 « Oignon + Carotte + Persil + Compost » n'ont pas enregistrées une différence significative sur la croissance du collet en comparaison avec le témoin (T4). Les valeurs enregistrées sont soit en égalité (cas de T7 en premier et en deuxième mois) ou inférieure (cas de T5 sur les trois mois) du témoin.

Par contre, le traitement T6 « Oignon + Persil + Compost », induit une augmentation très importante du diamètre moyen du collet de l'oignon. Cette augmentation explique parfaitement l'effet bénéfique du traitement, ou à chaque date après semis on a obtenu ces résultats suivants qui sont largement supérieure par rapport au témoin. Ainsi les valeurs obtenues sont : 15,92mm, 31,46mm et 46,10mm, respectivement. De ces traitements, il apparait que T6 était le plus performants, il augmente le diamètre du collet par rapport au témoin et aux autres traitements (T5 et T7).

Plusieurs paramètres de croissance ont été mesurés pour évaluer l'effet de l'association et de la fertilisation organique sur la croissance des plantes cultivées. L'effet bénéfique de l'association (Oignon + Persil + Compost) a été observé sur tous les paramètres agronomiques mesurés (hauteur, nombre de feuilles et diamètre du collet). Ceci, semble évident due la corrélation existante entre ces derniers. Cet effet bénéfique est cohérent avec plusieurs travaux, il peut être expliquer par l'influence de ces deux plantes par de nombreux effet, dont une utilisation meilleure de ressources (Betencourt et *al.*, 2012), la croissance contrôlée des plantes, l'augmentation de la production de biomasse et du rendement (Zhang et *al.*, 2011), la réduction de l'infestation par les maladies (Ren et *al.*, 2008) et la diminution du nombre de ravageurs et de mauvaises herbes (Dolijanović et *al.*, 2008).

Xia Wu et ses collaborateurs (2016) appuient cette interpellation, en montrant que l'association avec l'oignon favorise la croissance et l'absorption des éléments minéraux. Une autre étude a indiqué que la culture intercalaire de concombre avec l'oignon ou l'ail a augmenté la productivité du concombre et a contribué à l'amélioration de la qualité du sol (Zhou X et *al.*, 2011). Par contre les auteurs (Šeremešić, S., et *al.*, 2018), ont montré que l'association oignon carotte était plus bénéfique pour les carottes et non pas l'oignon. Ce dernier cas est semblable à nos résultats obtenus pour la hauteur de l'oignon, nombre de feuilles et le diamètre du collet en utilisant la carotte en association avec l'oignon

Une étude de (Santhi, R. et G. Selvakumari, 2000), a démontré que les associations culturales avec la fertilisation organiques ont été les plus performant, ceci est dû que l'application du compost présente divers avantages tels que l'augmentation des propriétés physiques du sol. De même, plusieurs auteurs comme (Mugnai et *al.*, 2007), (Agulló et *al.*, 2013 ; Aleklett et Wallander, 2012) et (Hansen et *al.*, 2006), ont démontrés les divers avantages du compost comme la capacité de rétention d'eau, Tolérance accrue au stress hydrique, Augmentation de la biomasse microbienne bénéfique, augmentation de la teneur en azote et carbone organique et en plus de l'apport d'éléments nutritifs de bonne qualité.

3. Comparaison entre les traitements « sans et avec » du compost

Dans cette partie on va essayer de décortiquer l'effet du compost sur tous les paramètres agronomiques mesurés (Hauteur, nombre de feuilles et diamètre du collet).

On peut tirer deux remarques : **(1)** Toutes les valeurs des traitements sous l'effet du compost sont supérieures des valeurs des traitements sans compost, ce qui montre clairement l'effet du compost, (T4, T5, T6 et T7 >> T0, T1, T2 et T3). **(2)** Toutes les valeurs des traitements sous l'effet du compost sont supérieures du témoin T0, ce qui montre le double effet de l'association + compost, même si T5 et T7 ont présenté des résultats médiocres en comparaison avec T4 (Oignon + compost). (T5 et T7 >>>T0).

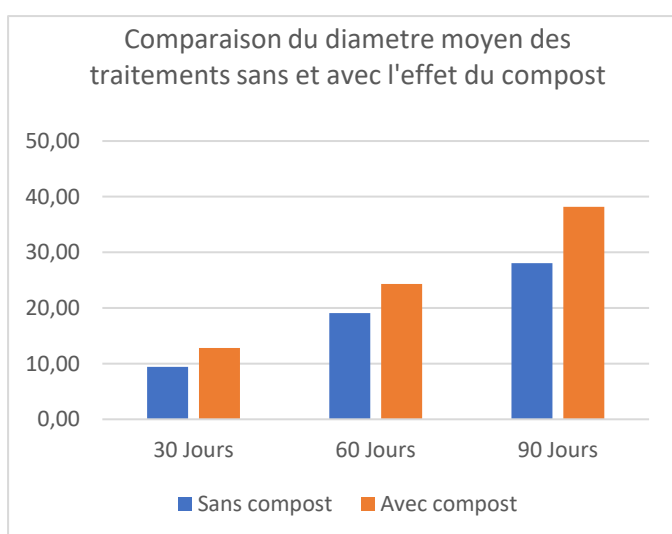


Figure 24 : Comparaison du diamètre du collet moyen des traitements sans et avec l'effet du compost.

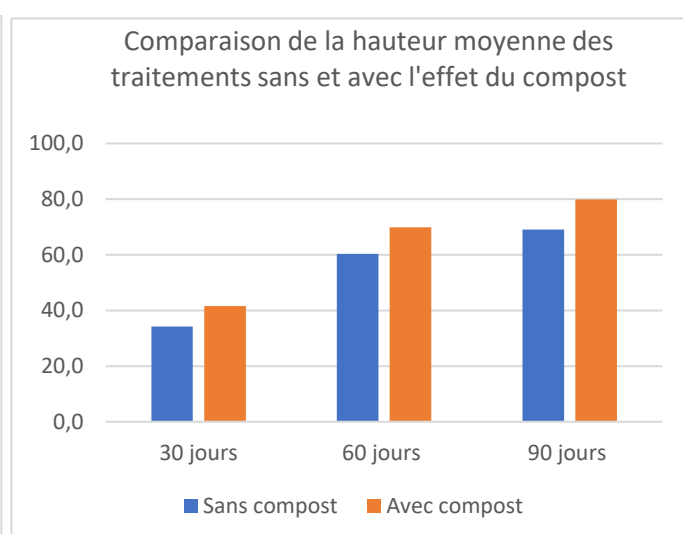


Figure 23: Comparaison de la hauteur moyenne des traitements sans et avec l'effet du compost

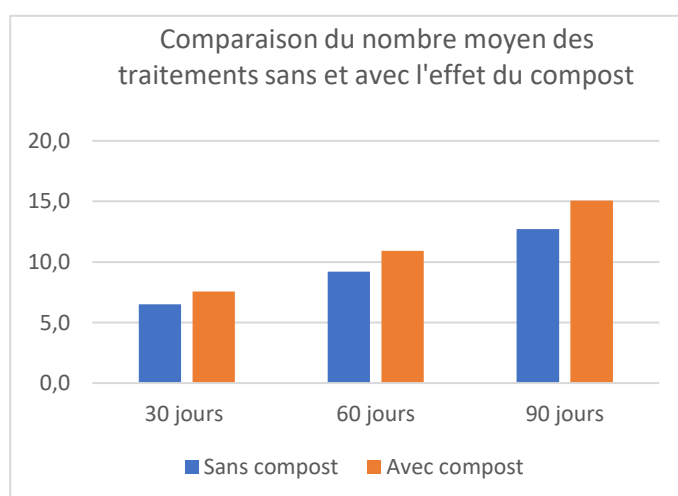


Figure 25 : Comparaison du nombre moyen de feuilles des traitements sans et avec l'effet du compost

4. Mauvaises herbes

Au cours de l'essai, nous avons procédé au recensement et à l'identification des mauvaises herbes présentes dans les différents traitements afin d'évaluer l'effet du compost et de l'association de culture sur ces dernières. La figure ci-dessous illustre l'abondance des adventices totales associées aux cultures de l'oignon, de persil et de la carotte en fonction des traitements, exprimée en pourcentage. Les traitements qui contiennent le compost ont un effet important sur la régression de l'abondance des mauvaises herbes.

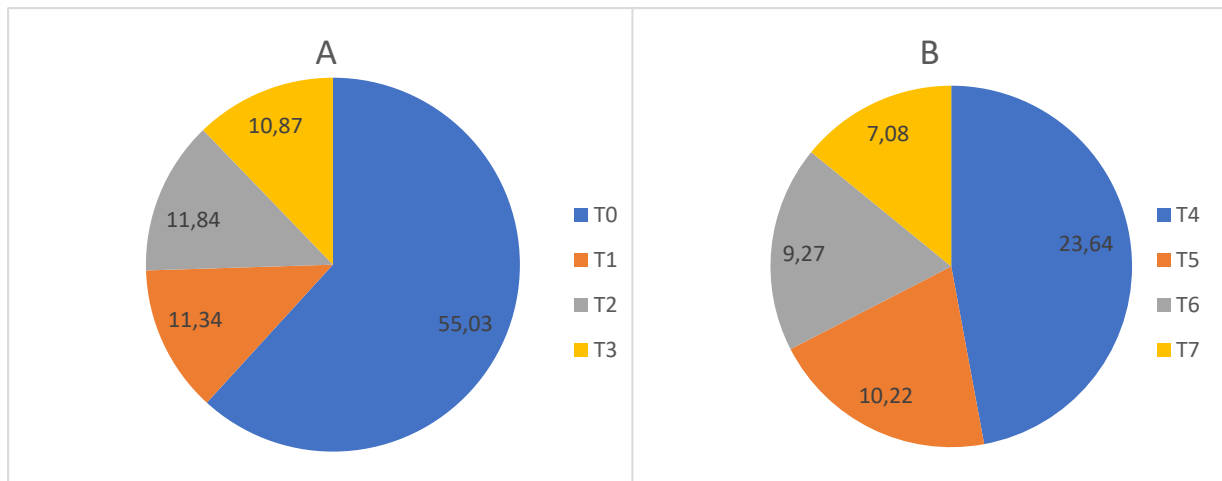


Figure 26 : Pourcentage des adventices totales dans les différents traitements. (A) sans l'effet du compost, (B) sous l'effet du compost.

Les mesures ont été réalisées au stade de la croissance des adventices. Sur les traitements sans associations T0 (oignon seul) et T4 (oignon + compost), l'abondance moyenne des adventices émergées sur le quadra utilisé était de 20,03%, 14,64% respectivement. Ces valeurs excèdent celles des traitements des cultures en association T1(oignon + carotte), T2(oignon + persil), T3(oignon + carotte + persil), T5(oignon + carotte + compost), T6(oignon + persil + compost), T7(oignon + carotte + persil + compost), qui étaient de l'ordre de 11,34%, 11,84%, 10,87%, 10,22%, 9,27%, 7,08%, respectivement. L'association de cultures et la fertilisation organique a réduit l'envahissement des mauvaises herbes.

Le traitement T7 montre le pourcentage le plus faible d'abondance en adventices. L'importance de la biomasse produite par les trois cultures associées entraîne un effet d'ombrage et de couverture du sol et de compétition qui empêchent la colonisation par les mauvaises herbes. En plus, le compost par ses propriétés empêche la germination et le développement des adventices ces résultats sont cohérents avec les travaux de Zinati, G. (2017) qui a montré que l'utilisation du compost réduit significativement l'expression des mauvaises herbes de 43 % par rapport à

l'absence de traitement et de 11 % par rapport au traitement par binage manuel (traitement du producteur) dans le navet. De même, dans la laitue, les applications du compost ont réduit la biomasse des mauvaises herbes de 19 % et 34 %, respectivement, par rapport au traitement du cultivateur et à l'absence de traitement.

Dans les systèmes d'association, la diminution des mauvaises herbes se fait naturellement, en raison de la forte compétition sur les ressources disponibles avec les espèces cultivées. Cet effet a été observé chez le maïs en association avec des légumineuses, qui a réduit considérablement la densité des mauvaises herbes comparé au maïs pure, et ce, grâce à la diminution de la lumière disponible pour les mauvaises herbes. (Bilalis et al., 2010).

Cependant nous remarquons d'après les résultats obtenus, que même avec traitement Compost, les adventices correspondant au traitement T4 augmentaient significativement. Nous pouvons alors expliquer ceci par le nettoyage du sol que nous avons effectué avant le semis, de plus l'oignon est une culture très exigeante en lumière (AgriSud, 2016), ce qui rend le milieu favorable au développement des mauvaises herbes. Le graphe ci-dessous donne une idée sur l'inventaire des adventices présentes dans l'essai. Les espèces les plus abondantes dans les traitements sont : C (*Hordeum murinum*), B (*Calendula officinalis*) et A (*Glebionis coronaria*). L'espèce C (*Hordeum murinum*), est la plus abondante dans la parcelle d'essai avec une abondance moyenne de 282,17% alors que l'abondance moyenne la plus faible est 17,41% enregistrée pour E (*Erodium moschatum*). Ceci peut être expliqué par le stock semencier du sol. Les adventices recensées sont identifiées et reportées en annexe 3.

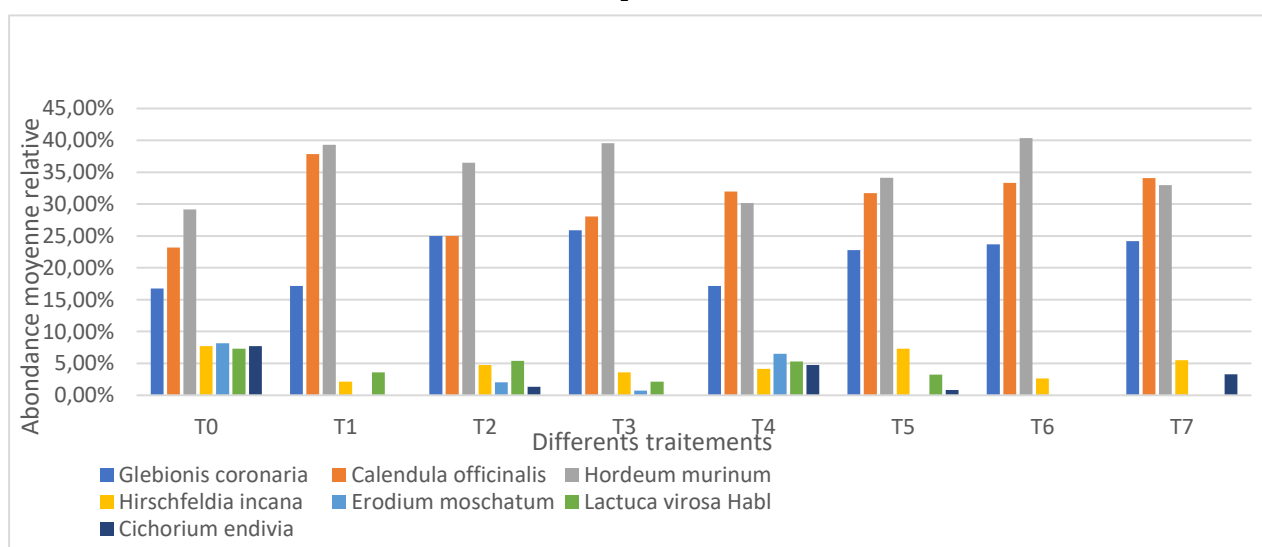


Figure 27 : Abondance moyenne relative en fonction des différents traitements.

II. Activité antifongique

Le développement du champignon a été rapide, il a débuté à apparaître dès le 3ème jour après son repiquage. *F.oxysporum* représente des colonies avec un mycélium blanchâtre qui change de couleur ; nous pouvons distinguer une couleur blanche à violette en fonction de la photopériode

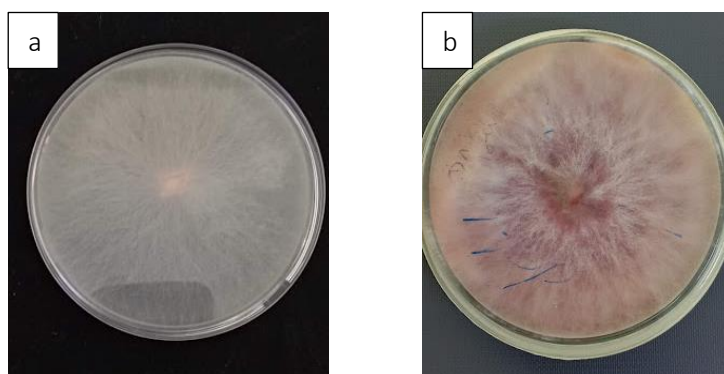


Figure 28 : Culture du Fusarium isolé. (a) couleur blanchâtre du mycélium, (b) couleur blanche à violette du mycélium

Dans cette partie d'étude nous nous sommes contentés de l'identification morphologiques du champignon avec l'aide des membres phytopathologiste du laboratoire de phytiairie.

Après trois repiquages successifs, nous avons pu obtenir des cultures pures de l'espèce. Ce dernier a été identifié sous microscope optique.

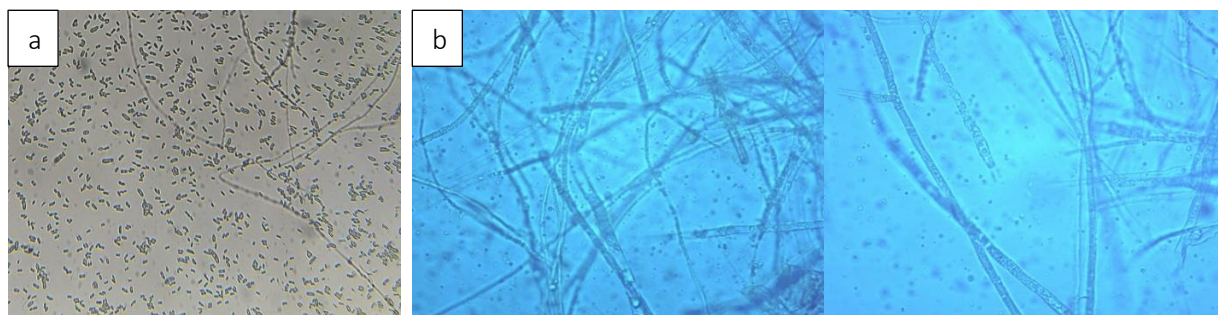


Figure 29 : Observation microscopique (*400) des spores (a) et mycélium (b) de Fusarium.

1. Utilisation des extraits de plantes sur la fusarium

1.1 Origan (*Origanum elongatum*) :

Les résultats obtenus sur l'activité antifongique d'*Origanum elongatum* sont représentés sur la figure ci-dessous. Celle-ci nous a permis de souligner que l'effet du facteur de concentrations est présent ($p = 0.000 < 0.05$), et donc l'hypothèse selon laquelle les taux d'inhibitions moyens sont égaux est rejetée. Il existe alors une différence significative entre ces derniers. Or, un test Post-hoc (SNK) permettra d'aller au-delà de l'ANOVA à travers une comparaison des moyennes.

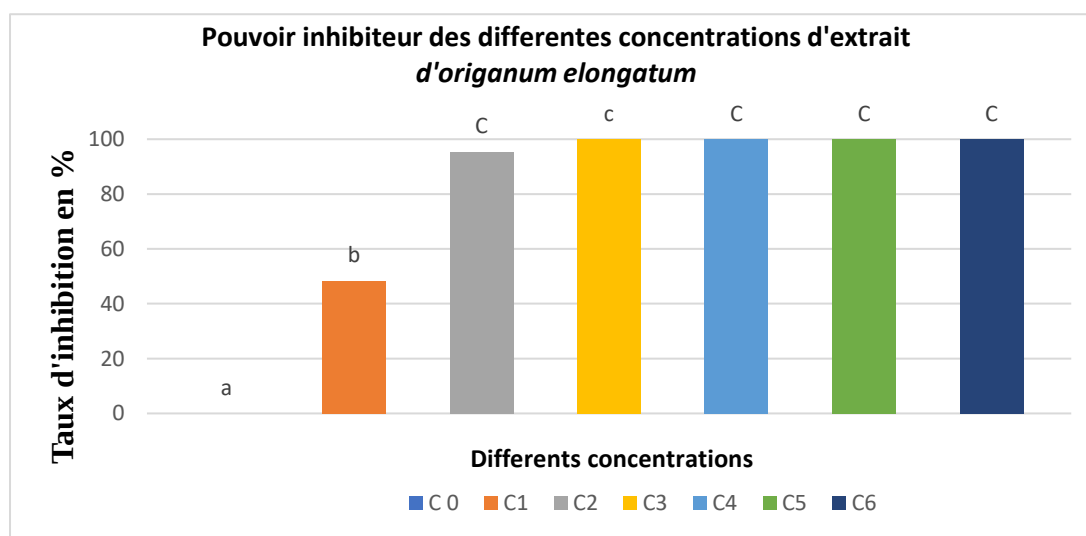


Figure 30 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *F. Oxysporum* en fonction des concentrations utilisées.

D'après les résultats que nous avons obtenus, on observe une inhibition de la croissance mycélienne quelque soit la concentration utilisée.

En effet, cette analyse a montré des différences significatives au niveau de l'effet d'une gamme de concentrations différentes qui varie de 0.25% à 5%. Les concentrations, 1%, 1,5%, 2.5% et 5%, de notre extrait sont relativement les plus performantes pour inhiber totalement la croissance mycélienne comparativement à la concentration 0.25% qui a le plus faible effet inhibiteur avec une valeur de 48,33%. Par contre, la concentration 0.5% a enregistré un effet d'inhibition de 95,55%.

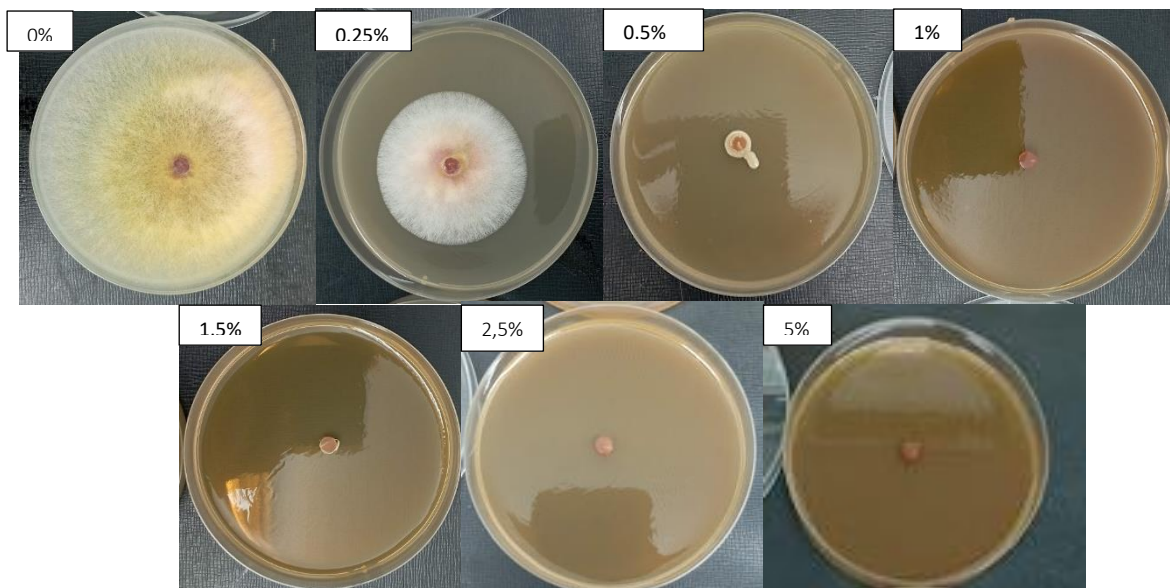


Figure 31 : Morphologie des colonies de fusarium affectés par différentes concentrations d'extrait d'*Origanum elongatum*.

1.2 Sauge (*Salvia officinalis*) :

Les résultats obtenus sur l'activité antifongique de *Salvia officinalis* sont représenté sur la figure ci-dessous. Celle-ci nous a permis de souligner que l'effet du facteur de concentrations est présent ($p = 0.022 < 0.05$). L'hypothèse selon laquelle les taux d'inhibitions moyens sont égaux est rejetée. Il existe alors une différence faiblement significative entre ces derniers. Or, un test Post-hoc (SNK) permettra d'aller au-delà de l'ANOVA à travers une comparaison des moyennes (voir annexe).

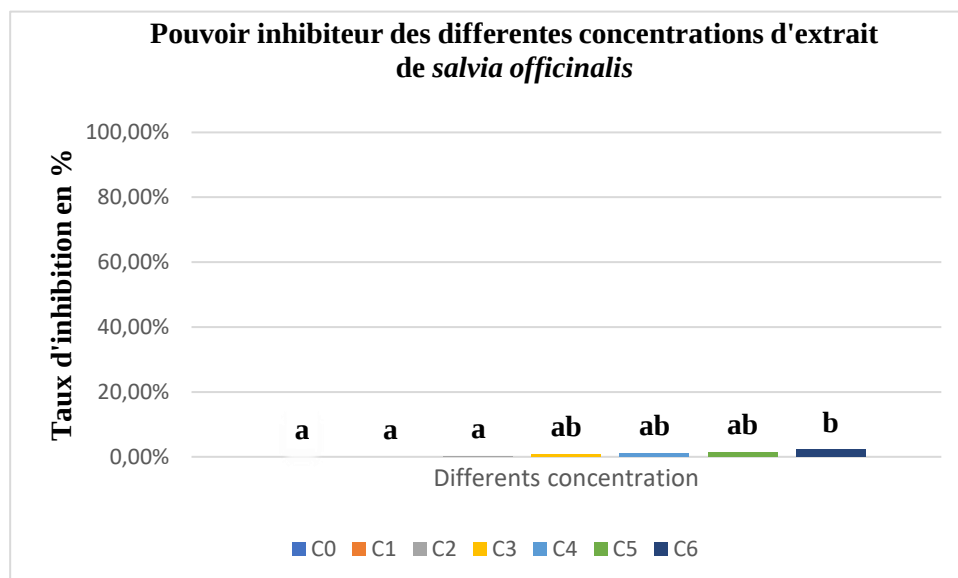


Figure 32 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *F. Oxysporum* en fonction des concentrations utilisées.

D'après les résultats que nous avons obtenus, on observe qu'il n'y a pas une inhibition de la croissance mycélienne quelque soit la concentration utilisée. En effet, cette analyse a montré des différences faiblement significatives au niveau de l'effet d'une gamme de concentrations différentes qui varie de 0.25% à 5%. Les concentrations, 0,25%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2.5% et 5%, de notre extrait n'ont pas pu réduire la croissance mycélienne. Il semble que *Salvia officinalis* n'a pas un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne.

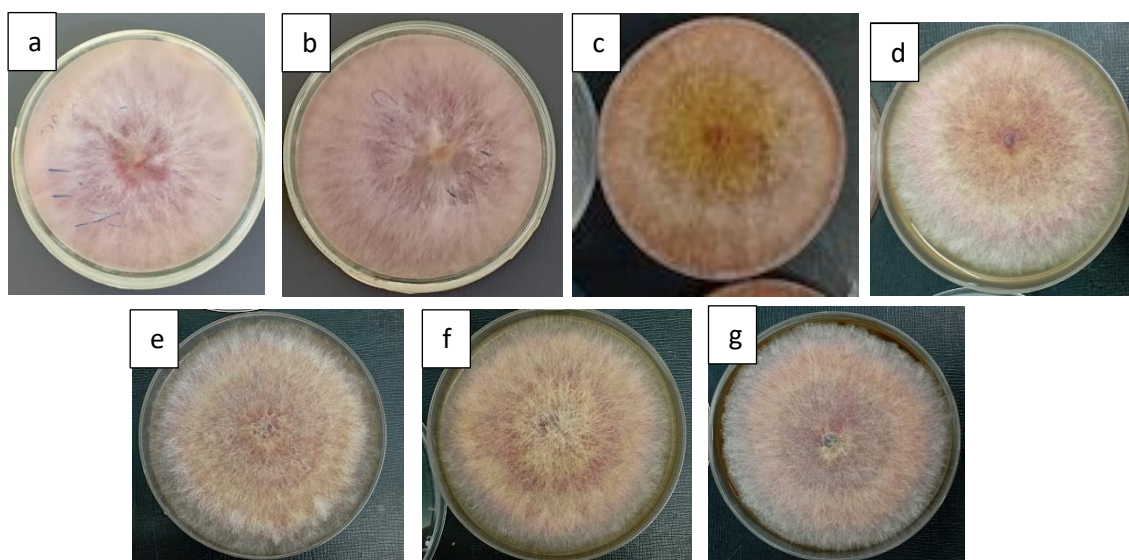


Figure 33 : Morphologie des colonies de fusarium affectés par différentes concentrations d'extrait aqueux de sauge (*Salvia officinalis*). (a) Témoin, (b) 0,25%, (c) 0,5%, (d) 1%, (e) 1,5%, (f) 2,5% et (g) 5%.

1.3 Romarin (*Salvia rosmarinus*) :

Les résultats obtenus sur l'activité antifongique de *Salvia rosmarinus* sont représentés sur la figure ci-dessous. Celle-ci nous a permis de souligner que l'effet du facteur de concentrations est présent ($p = 0.000 < 0.05$). L'hypothèse selon laquelle les taux d'inhibitions moyens sont égaux est rejetée. Il existe alors une différence significative entre ces derniers. Or, un test Post-hoc (SNK) permettra d'aller au-delà de l'ANOVA à travers une comparaison des moyennes (voir annexe).

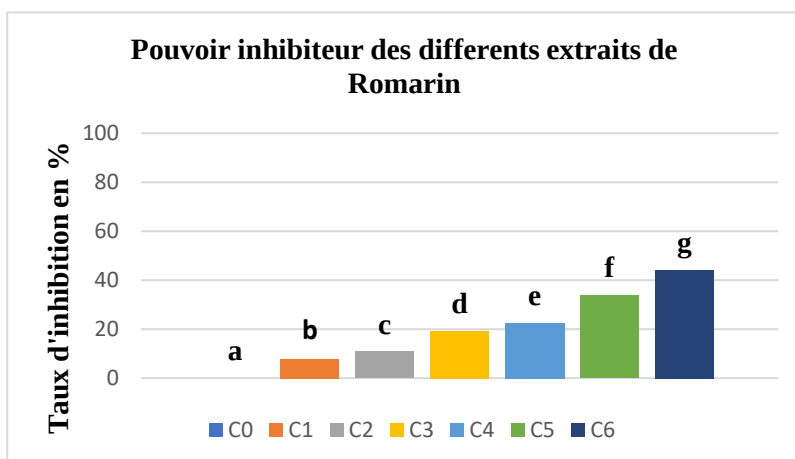


Figure 34 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *F. Oxysporum* en fonction des concentrations.

Les résultats obtenus ont montré qu'il y a des différences significatives au niveau de l'effet d'une gamme de concentrations différentes qui varie de 0.25% à 5%. En outre, les deux concentrations, successivement, 2.5% et 5%, de notre extrait sont relativement plus performant pour inhibé totalement la croissance mycélienne comparativement à la concentration 0.25% qui a le plus faible d'effet inhibiteur avec une valeur de 7,77%. Par contre, les concentrations 0.5%, 1%, et 1,5% ont enregistré un effet moyennement remarquable de taux d'inhibition.

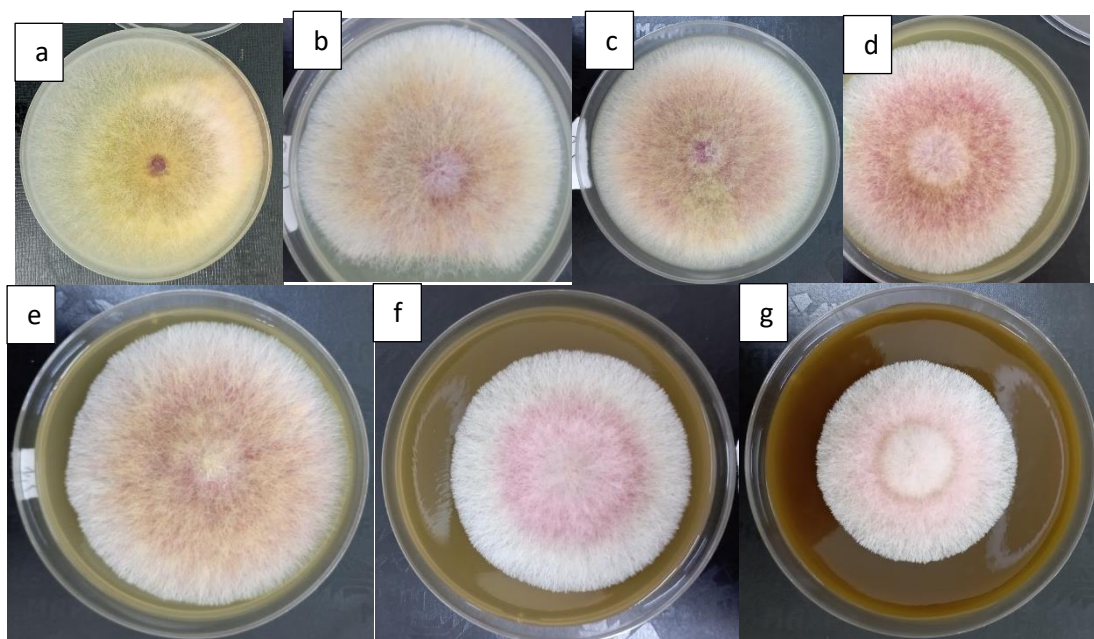


Figure 35 : Morphologie des colonies de fusarium affectés par différentes concentrations d'extrait aqueux de Romarin. (a) Témoin, (b) 0,25%, (c) 0,5%, (d) 1%, (e) 1,5%, (f) 2,5% et (g) 5%.

Nous avons remarqué que les extraits d'*O.elongatum* ont la capacité de contrôler la croissance mycélienne in vitro avec une inhibition totale à une concentration de 1g/ml, 1,5g/ml, 2,5g/ml et 5g/ml respectivement. L'extrait de l'origan étant le plus efficace comparativement aux d'autres extraits. Celui-ci a permis une inhibition importante de la croissance mycélienne entre 95,64 % et 100% au 7ème jours. Quant au romarin il a induit un effet inhibiteur de 44,16% avec la plus grande concentration ; alors que l'extrait de la sauge étant le plus faible inhibiteur de la croissance mycélienne. Cette efficacité de l'origan pourrait être liée à la nature de sa composition chimique des extraits obtenu à partir de la biomasse aérienne, où les principaux constituants sont les monoterpènes phénoliques, tels que le carvacrol et le thymol comme ceci a été montré par certains auteurs (Bouyahya et al., 2017).

Il a été rapporté par (Jeldi et ses collaborateurs (2022) que le profil chromatographique d'*O.elongatum* a montré que les extraits d'*origanum elongatum* contient des quantités élevées de carvacrol. Ce composé est réputé par sa grande activité antimicrobienne. Selon (Bouyahya

et *al.*, 2017), les extraits de plantes exercent leur activité antimicrobienne en perturbant la paroi cellulaire et la membrane cytoplasmique, ce qui entraîne la lyse des cellules et la fuite des composés intracellulaires. Dans le même sens, Fadel et ses collaborateurs (2013) avaient testé l'effet antifongique de *Origanum compactum* in vitro, contre une autre espèce de champignon à savoir *Penicillium digitatum*, en utilisant une large gamme de concentration de 1 à 50g/l. Leurs résultats ont montré que les extraits aqueux d'origan étaient très efficaces et la croissance radiale du champignon était complètement inhibée à la concentration de 25g/l. De plus, il a été constaté que le pourcentage d'inhibition dépasse les 97 % pour toutes les concentrations étudiées de cet extrait.

L'effet inhibiteur de la sauge n'a pas été démontré dans notre test antifongique, par contre Fleurentin (2008) avait souligné que l'extrait préparé de *salvia officinalis* a montré la présence d'un chémotype à différents composés terpéniques avec une prédominance de Camphre (11 à 36 %), suivi de Cinéole (11 à 25 %) et très peu de thujone (< 0,5 %), ces composés semblent avoir un effet inhibiteur antifongique.

Nos résultats obtenus pour l'activité antifongique de la sauge sont contradictoires avec certains auteurs. En effet le potentiel antifongique de *Salvia officinalis* L. a été démontré par des tests in vitro sur les mycotoxines de *Fusarium* (Sumalan et *al.*, 2013). L'activité antifongique de *Salvia officinalis* L. a montré le même effet pour *Botritis cinerea* et *Fusarium* sp. (Daferera et *al.*, 2003). De même, Abu-darwish et ses collaborateurs (2013), ont prouvé que l'HE de *Salvia officinalis* L. a une activité antifongique contre les souches de dermatophytes.

Il se peut que, l'effet fongicide par contact direct nécessite des concentrations plus élevées.

A cet, nous pourrions essayer d'autres méthodes de confrontations telles que celles des puits pour tester l'activité antifongique souhaitée.

Par ailleurs, des études antérieures sur les Lamiacées ont montré leur richesse en une vaste gamme de composés phénoliques et flavonoïdes (Hayani et *al.*, 2020).

Pour l'inhibition de la germination des spores, le romarin a surement un effet inhibiteur sur le champignon. Ce dernier possède alors une action inhibitrice qu'on ne peut pas négliger. En outre, la concentration de 5% a bien révélé son impact salutaire vis-à-vis la sauge, avec une exception de l'extrait d'origan qui a bien dévoilé une inhibition totale avec la dose 1%.

D'autres études ont été menées sur l'activité antifongique du romarin, notamment ceux d'Ozcan et ses collaborateurs (2008) ayant démontré que l'HE du romarin avait un effet inhibiteur sur

B.cinerea, alors l'activité antifongique sur *F.oxysporum* a été moyennement efficace. En outre, Il a été rapporté que l'huile essentielle de romarin a des propriétés inhibitrices de champignons contre *Aspergillus niger* qui est un facteur de maladie important chez les plantes et les animaux (Santoyo et al., 2005 ; Fu et al., 2007 ; Türe et al., 2008 ; Zhao-ming, 2009 ; De Sousa et al., 2013). Par ailleurs, Baratta et ses collaborateurs (1998) avaient montré que le romarin est un inhibiteur efficace du *Fusarium graminearum*.

L'activité antifongique des extraits contre le genre *Fusarium* a été souligné par Orwa et ses collaborateurs (2009) dans une perspective d'aider les agriculteurs à trouver des solutions aux problèmes d'attaque fongique.

Aussi, dans une autre étude récente, (Righini et al., 2020), il a été montré que l'effet d'un certain nombre d'extraits aqueux de plantes contre le développement de l'oïdium (*Podosphaera xanthii*) sur le concombre. La surface infectée et la sporulation fongique sur les plantules a été réduite avec une concentration de 5% d'extrait. Généralement, les résultats de cette étude ont montré que les traitements effectués réduisent les symptômes de la maladie en fonction de la nature de l'extrait, de la concentration et du temps d'application et ceci, comme a été souligné par certains auteurs (Righini et al., 2020).

Dans le même sens, l'effet des extraits aqueux, à des concentrations similaires aux notre, a été souligné par Bowers et Locke (2000). En effet, ils ont pu approfondir leur étude, en démontrant l'efficacité d'une formulation « poivre/moutarde » contre *F. oxysporum f. sp. Chrysanthemi* chez les melons.

De nos résultats, nous pouvons émettre que les extraits aqueux testés ne cessent de montrer dans la plupart des cas un niveau élevé d'activité antifongique. C'est une approche écologique et rentable qu'il faudra encourager et développer encore plus.

CONCLUSION

Afin de mieux comprendre le concept de l'agroécologie et les pratiques agroécologiques, le présent travail s'intéresse à l'évaluation de l'effet de l'association de culture et de la fertilisation organique sur les paramètres de croissance d'oignon (*Allium cepa*), la carotte et le persil. L'objectif principal est d'étudier le comportement des cultures citées en mode agroécologique, en termes de caractéristiques morphologiques (hauteur, diamètre du collet et nombre de feuilles), ainsi que l'effet du compost sur ces dernier et également sur l'envahissement de l'essai installé par les mauvaises herbes. De même, aussi étudier l'effet des PAM dans le biocontrôle des maladies fongiques plus spécifiquement la *fusarium oxysporum*.

D'après les résultats obtenus, il ressort que les systèmes de culture intercalaire basés sur l'association sans ou avec la fertilisation organique, sont les plus productifs et rentables, et utilisaient l'efficacité des terres et des ressources, à savoir l'eau, les sels minéraux et l'espace du sol plus efficacement que l'association seule, qui dépassait, à son tour les monocultures.

Les paramètres étudiés (hauteur moyenne, le diamètre moyen du collet et le nombre moyen des feuilles) ont atteint leurs valeurs maximales de l'ordre de 89,03 cm, 46,10 mm et 17,1 respectivement chez l'oignon dans le traitement T6 (Oignon+ persil + compost). De plus l'étude a montré que la culture intercalaire et la fertilisation organique, entravent la croissance des mauvaises herbes. Les parcelles élémentaires sans compost les moins envahies sont T3 (Oignon + Carotte + Persil), T1 (Oignon + Carotte) et T2 (Oignon + Persil) qui était de l'ordre de 10,87%, 11,34% et 11,84% respectivement, ainsi que les parcelles élémentaires avec compost les moins envahies étaient T5 (Oignon + carotte + compost), T6 (Oignon + persil + Compost) et T7 (Oignon + carotte + persil + compost) qui est de l'ordre de 10,22%, 9,27% et 7,08% respectivement.

Quant aux résultats obtenus à partir de l'essai biologique in vitro nous avons pu mettre en évidence l'effet inhibiteur prometteur de l'extrait d'*O. elongatum* sur la croissance mycélienne de l'espèce *Fusarium oxysporum* qui a montré une inhibition totale à une concentration de 1g/ml contrairement au romarin qui a enregistré un effet inhibiteur de 50% qu'en arrivant à la dose 5g/ml.

Les résultats indiquent une activité antifongique importante contre la fusariose ; ceci nous mène à la réflexion de continuer à formuler éventuellement dans le futur un produit antifongique à base d'*O.elongatum*.

En outre, nous avons constaté que « l'association culturale et la fertilisation organique » en plus de la lutte biologique semble être un processus primordial à aborder pour réussir une production agroécologique.

Perspectives

A l'instar de ce travail, plusieurs travaux pourront être réalisés dans le futur comme :

- Tester des associations de cultures avec d'autres espèces, à savoir les légumineuses.
- Réalisation des analyses du sol avant et après l'installation d'un modèle agroécologique.
- Etudes économiques sur la productivité des modèles agroécologiques.
- Introduire d'autres pratiques agroécologiques (installation des infrastructures agroécologiques, limiter le travail du sol, ...).
- Tester d'autres extraits de plantes pour l'utilisation fongicide, insecticide et herbicide.

Liste des références

- **Agulló E.**, Bustamante, M.A., Paredes, C., Moral, R., Pascual, J.A., Suárez-Estrella, F., (2013). Use of functional biosolids-derived composts as growing media for the production of lavender (*Lavandula dentata*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*). *Acta Hortic.* 1013, 351–358.
- **Aktar W.**; Sengupta D.; Chowdhury A (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdiscip. Toxicol.* 2009, 2, 1–12.
- **Aleklett K.**, Wallander, H., (2012). Effects of organic amendments with various nitrogen levels on arbuscular mycorrhizal fungal growth. *Appl. Soil Ecol.* 60, 71–76.
- **Allison F. E.** (1973). *Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production*. Elsevier, Amsterdam.
- **Altieri M. A.** (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agr Ecosyst Environ* 74:19-31.
- **Altieri M. A.** (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, ecosystems & environment* 93:1-24.
- **Aubertot J.-N.**, Barbier J.M., Carpentier A. et al., (2007). Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Rapport d'expertise scientifique collective INRA et Cemagref.pp.120.
- **Baker L.W.** ; Fitzell, D.L. ; Seiber, J.N. ; Parker, T.R. ; Shibamoto, T. ; Poore, M.W. ; Longley, K.E. ; Tomlin, R.P. ; Propper, R. ; Duncan, D.W (1996). Ambient Air Concentrations of Pesticides in California. *Environ. Sci. Technol.* 1996, 30, 1365–1368.
- **Benton T.G.**, Vickery J.A., Wilson J.D., (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18, 182-188.
- **Betencourt E.**, Duputel M., Colomb B., Desclaux D., Hinsinger P. (2012). Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. *Soil biology and biochemistry* 46, 181–190.
- **Bilalis D.**, Papastylianou P., Konstantas a., Patsiali S., Karkanis A., Efthimiadou A. (2010). Weed-Suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. *Int J Pest Mang* 56 : 173-181.
- **Błażewicz-Woźniak M.**, & Wach D. (2011). The effect of intercropping on yielding of root vegetables of Apiaceae family. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 10(4), 233-243.
- **Bourguignon C.**, & Bourguignon L. (2008). *Le sol, la terre et les champs: Pour retrouver une agriculture saine*. Paris: Sang de la Terre.
- **Bouyahya A.**, Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. (2017). Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*Origanum compactum*. *Phytothérapie*, 15(6), 379-383.

- **Bowers**, John H., and James C. Locke. **(2000)**. “Effect of Botanical Extracts on the Population Density of *Fusarium Oxysporum* in Soil and Control of *Fusarium* Wilt in the Greenhouse.” *Plant Disease* 84(3):300–305. doi: 10.1094/PDIS.2000.84.3.300.
- **Brooker R. W.**, Bennett A. E., Cong W. F., Daniell T. J., George T. S., Hallett P. D., Li L. **(2015)**. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1), 107-117.
- **Brussaard L.**, de Ruiter PC, Brown GG. **(2007)**. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121:233–44.
- **Brussaard L.**, Caron P., Campbell B., Lipper L., Mainka S., Rabbinge R., Babin D., Pulleman M., **(2010)**. Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2, 34–42.
- **Callaway R. M. (1995)**. Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61(4), 306-349.
- **Callaway R. M. (2007)**. Positive interactions and interdependence in plant communities. Springer Science & Business Media.
- **Cardinale B. J.**, J. E. Duffy, A. Gonzalez, D. U. Hooper, C. Perrings, P. Venail, A. Narwani, G. M. Mace, D. Tilman, D. A. Wardle, A. P. Kinzig, G. C. Daily, M. Loreau, J. B. Grace, A. Larigauderie, D. S. Srivastava, and S. Naeem **(2012b)**. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486:59-67.
- **Celine Allaverdian Pierre Ferrand., (2014)**. L’agroecologie, un concept pour une diversité d’approches, Grain de sel P :6
- **Chong C., (2000)**. Relationship of soluble salts content in MSW compost media and rooting of evergreen cuttings. *Compost Sci. Util.* 8, 29–35.
- **Cordell D.**, Drangert, J. O., & White, S. **(2009)**. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global environmental change*, 19(2), 292-305.
- **Corre-hellou G.**, Dibet A., Hauggaard-nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., Von fragstein P., Pristeri A., Monti M., and Jensen E.S. **(2011)**. The competitive ability of pea–barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field Crops Research*. 122: 264-272.
- **D. Daferera**, B. Ziogas, et M. Polissiou **(2003)**. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*, Crop protection., vol. 22, pp. 39–44.
- **Danso S.K.**, G. Hardarson and M. Fried, **(1987)**. Nitrogen fixation in faba beans as affected by plant population density in sole or intercropped systems with barley. *Soil Biology and Biochemistry*, 19: 411-415.
- **De Sousa LL de Andrade SCA**, Athayde AJAA, de Oliveira CEV, de Sales CV, Madruga MS, de Souza EL. **(2013)**. Efficacy of *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential

oils in combination to control postharvest pathogenic *Aspergilli* and autochthonous mycoflora in *Vitis labrusca* L. (table grapes). *International Journal of Food Microbiology*, 165: 312-318.

- **Delahaut K.**, Stevenson W., (2004). Onion disorders: Botrytis leaf blight leaf fleck, and neck
Deuxième édition, CIRAD et MNHM, 173p.
- **Desneux N.**, Decourtye A., Delpuech J.-M., (2007). The Sublethal Effects of Pesticides on
Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81-106.
- **Dolijanović T.**, Oljača S., Kovačević D., Simić M., Momirović N. (2008). Influence de la
distribution spatiale et des hybrides sur les mauvaises herbes des cultures combinées de maïs et
de soja. *Acta herbologica*, 17(2), 67-72.
- **Du Jardin P.**, (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation.
Sci. Hortic. 196, 3–14.
- **Duru M.**, & Therond, O. (2014). Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser
demain) la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. *Cahiers Agricultures*,
23(2), 84-95.
- **Duyck P.F.**, Lavigne A., Vinatier F., Achard R., Okolle J.N., Tixier P. (2011). Addition of a
new resource in agroecosystems : do cover crops alter the trophic positions of generalist predators
? *Basic and Applied Ecology*, 12, 47-55.
- **Elgueta S.**; Moyano S.; Sepúlveda P.; Quiroz C.; Correa A (2017). Pesticide residues in leafy
vegetables and human health risk assessment in North Central agricultural areas of Chile. *Food
Addit. Contam. Part B* 2017, 10, 105–112.
- **Eskandari H.** (2012). Intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and
mungbean (*Vigna radiata*): Effect of complementarity of intercrop components on resource
consumption, dry matter production and legumes forage quality. *Journal of Basic and Applied
Scientific Research*, 2(1), 355-360.
- **Eskandari H.**, (2012b). Intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and
mungbean (*Vigna radiata*): effect of complementarity of intercrop components on resource
consumption, dry matter production and legumes forage quality. *Journal of Basic and Applied
Scientific Research*, 2: 355-360.
- **Eskandari H.**, A. Ghanbari and A. Javanmard, (2009a). Intercropping of cereals and legumes
for forage production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1: 07-13.
- **Eskandari H.**, A. Ghanbari-Bonjar, M. Galavai and M. Salari, (2009b). Forage quality of cow
pea (*Vigna sinensis*) intercropped with corn (*Zea mays*) as affected by nutrient uptake and light
interception. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37: 171-174.
- **Eva et al.** (2019). “La Fusariose, Prévention et Traitement de Cette Maladie.” *Promesse de
Fleurs*. Retrieved August 9, 2021 (<https://www.promessedefleurs.com/conseil-plant-es-jardin/ficheconseil/lafusariose>).

- **Fadel F.**, Ben Hmamou D., Salghi R., Chebli B., Benali O., Zarrouk A., et Hammouti, B. (2013). Antifungal activity and anti-corrosion inhibition of *Origanum compactum* extracts. *Int J Electrochem Sci*, 8, 11019-11032.
- **Fang Y.**; Nie Z.; Die Q.; Tian Y.; Liu F.; He J.; Huang Q (2017). Organochlorine pesticides in soil, air, and vegetation at and around a contaminated site in southwestern China: Concentration, transmission, and risk evaluation. *Chemosphere* 2017, 178, 340–349.
- **FAO**, (2010). Biodiversity. La biodiversité pour un monde libéré de la faim.
- **Federer W.T.** (2012). Statistical design and analysis for intercropping experiments. Vol. 1: Two crops. Springer Series in Statistics. Springer-Verlag, New York, USA.
- **Feike T.**, Doluschitz R., Chen Q., Graeff-Hönniger S., and Claupein W. (2012). How to overcome the slow death of intercropping in the North China Plain. *Sustainability* 4(10) :2550-2565.
- **Feng L.**, Raza M.A., Chen Y., Khalid M.H.B., Meraj T.A., Ahsan F., et al. (2019). Narrow-wide row planting pattern improves the light environment and seed yields of intercrop species in relay intercropping system. *PLOS ONE* 14(2) : e0212885.
- **Francis C. A.**, & Porter, P. (2011). Ecology in sustainable agriculture practices and systems. *Critical reviews in plant sciences*, 30(1-2), 64-73.
- **Franquesa M.**, (2020). La monoculture, une pratique peu amicale pour la planète.
- **Fridley J. D.**, & Grime, J. P. (2010). Community and ecosystem effects of intraspecific genetic diversity in grassland microcosms of varying species diversity. *Ecology*, 91(8), 2272-2283.
- **Fu Y**, Zu Y, Chen L, Shi X, Wang Z, Sun S, Efferth T. (2007). Antimicrobial activity of clove and rosemary essential oils alone and in combination. *Phytotherapy Research*, 21: 989-994.
- **Gamliel A.**, Austerweil M., Kritzman G., (2000). Non-chemical approach to soilborne pest management - organic amendments. *Crop. Prot.* 19, 847–853.
- **Ghanbari-Bonjar A.**, & Lee, H. C. (2002). Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: effect of nitrogen on forage yield and quality. *The journal of agricultural science*, 138(3), 311-315.
- **Girjesh G.K.** and V.C. Patil, (1991). Weed management studies in groundnut and sunflower intercropping system. *Journal of Oilseeds Research*, 8: 7-13.
- **Gliessman S. R**; Engles, E, (1998). Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture (No. 630.277 G559). Ann Arbor Press.
- **Godfray H.C.J.**, Beddington J.R., Crute I.R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812-818.
- **Goh K. M.** (2011). Greater mitigation of climate change by organic than conventional agriculture: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 27(2), 205-229.

- **Goldberg D. E., & Landa, K. (1991).** Competitive effect and response: hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. *The Journal of Ecology*, 1013-1030.
- **Gordon, Line J., et al (2005).** "Human modification of global water vapor flows from the land surface." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102.21 (2005): 7612-7617.
- **Gouin T. ; Shoeib M. ; Harner T (2008).** Atmospheric concentrations of current-use pesticides across south-central Ontario using monthly-resolved passive air samplers. *Atmos. Environ.* 2008, 42, 8096–8104.
- **Hainzelin E. (2013).** Cultiver la biodiversité pour Mieux transformer l’agriculture. Editions Quae.263 : 15-16.
- **Handreck K., Black, N., (2002).** Growing Media for Ornamental Plants and Turf. University of New South Wales Press Ltd, Sydney, NSW, Australia.
- **Hansen T. L., Bhandar, G. S., Christensen, T. H., Bruun, S., & Jensen, L. S. (2006).** Life cycle modelling of environmental impacts of application of processed organic municipal solid waste on agricultural land (EASEWASTE). *Waste Management & Research*, 24(2), 153-166.
- **Hauggaard-nielsen H., Ambus P., and Jensen E.S. (2001).** Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea - barley intercropping. *Field Crops Research*.70:101– 109.
- **Hayani, Mouhcine, Nadia Benhlila, Amal Bouzoubaa, Atika Ailli, Aman Allah Gourich, Aicha Mouradi, Aicha Mouradi, Hamid Oulhaj, Hamid Oulhaj, and Touriya Zair. (2020).** “Phytochemical Study, Polyphenols Determination and Evaluation of Antioxidant Activity of *Origanum Compactum* and *Satureja Calamintha Nepeta* from the Region of Ouazzane (Morocco).” *Mediterranean Journal of Chemistry* 10(4):396. doi: 10.13171/mjc104020041156mh.
- **Henle K., Alard D., Clitherow J., Cobb P., Firbank L., Kull T., McCracken D., Moritz R.F.A., Niemelä, J., Rebane M., Wascher D., Watt A., Young J., (2008).** Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe—A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124, 60-71.
- **Hussein, Safaa N. (2019).** “Integrated Management of the Fusarium Vascular Wilt Disease of *Cucurbita Pepo* in Iraq.” *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]* 23(1):40. doi: 10.24200/jams.vol23iss1pp40-47.
- **Isbell F., D. Craven J., Connolly M., Loreau B., Schmid C., Beierkuhnlein T., M. Bezemer C., Bonin H., Bruehlheide E., de Luca A., Ebeling J., N. Griffin, Q. Guo, Y. Hautier A., Hector A., Jentsch J., Kreyling V, Lanta P., Manning S. T., Meyer A. S., Mori S., Naeem P. A., Niklaus H., W. Polley, P. B., Reich C., Roscher E., W. Seabloom, M. D. Smith, M. P. Thakur, D. Tilman, B. F. Tracy, W. H. van der Putten, J. van Ruijven, A. Weigelt, W. W. Weisser, B. Wilsey, and N. Eisenhauer (2015a).** Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature* 526:574- 577.

- **Ismail guvenc.**, et Ertanyildirim. **(2016)**. Increasing Productivity with Intercropping Systems in Cabbage Production. University of Cambridge.
- **Jackson L. E.**, Pascual U., & Hodgkin T. **(2007)**. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, ecosystems & environment*, 121(3), 196-210.
- **Jackson LE**, Pascual U, Hodgkin T **(2007)** Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agr Ecosyst Environ* 121:196-210.
- **James C. (2011)**, « Global Status of Commercialised Transgenic Crops: 2011 Feature: Bt Maize » ISAAA Briefs No 29, ISAAA: Ithaca, NY.
- **Jeldi L.**, Taarabt K. O., Mazri M. A., Ouahmane L., & Alfeddy M. N. **(2022)**. Chemical composition, antifungal and antioxidant activities of wild and cultivated *Origanum compactum* essential oils from the municipality of Chaoun, Morocco. *South African Journal of Botany*, 147, 852-858.
- **Jensen E.S.**, **(1996)**. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 182: 25-38.
- **Kadžiuilienė Ž.**, Šarūnaitė L., Deveikytė I. **(2011)**. Effect of pea and spring cereals intercropping on grain yield and crude protein content. *Field and Vegetable Crops Research* 48, 183-188.
- **Kang B.T.** and V. Balasubramanian, **(1990)**. Longterm fertilizer trials on alfisols in West Africa. In: Transactions 14th International Congress of Soil Science, Kyoto, Japan. Aug. 1990. 5: 20-25.
- **Keddy, P. A. (2001)**. Competition (Vol. 26). Springer Science & Business Media.
- **Keddy, P. A. (2001)**. *Competition* (Vol. 26). Springer Science & Business Media.
- **Kim K.-H.**; Kabir E.; Jahan S.A **(2017)**. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci. Total Environ.* 2017, 575, 525–535.
- **Koné M.**, **(2014)**. Évaluation de la mycoflore des semences grames d'oignon utilisées au Burkina-Faso: Utilisation des extraits aqueux de *Eclipta alba* L., *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, *Portulaca oleracea* L. contre les champignons in vitro et in vivo. Mémoire de Master en Production Végétale. Institut du Développement Rural. Université Polytechnique de BoboDioulasso, Burkina Faso, 70p.
- **Kucharczyk H.**, & Legutowska H. **(2002)**. Thrips tabaci as a pest of leek cultivated in different conditions. *Thrips and Tospoviruses*, 211.
- **Lal R. (2004)**. Soil carbon sequestration impact on global climate and food security. *Science* 304: 1623–1627.
- **Lane A.** and A. Jarvis **(2007)**. Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation.
- **Le Roux, X.**, Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., ... & Trommetter, M. **(2008)**. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies (Doctoral dissertation, INRA).

- **Le Roux**, Xavier, et al. Agriculture et biodiversité **(2012)**. Diss. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable, et de l'Aménagement du Territoire, 2012.
- **Leihner D. (1983)**. Management and evaluation of intercropping systems with cassava. CIAT, Cali, Colombia.
- **Lengai**, Geraldin M. W., James W. Muthomi, and Ernest R. Mbega. **(2020)**. “Phytochemical Activity and Role of Botanical Pesticides in Pest Management for Sustainable Agricultural Crop Production.” *Scientific African* 7:e00239. doi: 10.1016/j.sciaf.2019.e00239.
- **Lichtfouse E**, Navarrete M, Debaeke P, Souchère V, Alberola C, Ménassieu J **(2009)**. Agronomy for sustainable agriculture. A review. *Agron Sustain Dev* 29:1-6.
- **Lithourgidis A.**, Dordas C., Damalas C.A., and Vlachostergios, D. **(2011)**. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* 5(4):396-410.
- **Litterick A.M.**, Harrier L., Wallace P., Watson C.A., Wood M., **(2004)**. The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production - a review. *Crit. Rev. Plant Sci.* 23, 453–479.
- **M. s. Abu-darwish**, C. Cabral, i. v. Ferreira, M. j. Gonçalves, C. Cavaleiro M, T. Cruz, t. h. al-bdour, and l. salgueiro (2013). Essential Oil of common sage (*Salvia officinalis* l.) from jordan: Assessment of safety in mammalian cells and its antifungal and anti-inflammatory potential. *Biomedical research international volume 2013* (2013), article id 538940, 9 pages.
- **Mahapatra S.C.**, **(2011)**. Study of grass-legume intercropping system in terms of competition indices and monetary advantage index under acid lateritic soil of India. *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(1): 1-6.
- **Maitra S.**, Palai J.B., Manasa P., and Kumar D.P. **(2019)**. Potential of intercropping system in sustaining crop productivity. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* 12(1):39-45.
- **Malézieux E**, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, de Tourdonnet S, Valantin-Morison M **(2009)**. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agron Sustain Dev* 29:43-62.
- **Manson D. G.**, Schmidt S., Bristow M., Erskine P. D., & Vanclay, J. K. **(2013)**. Species-site matching in mixed species plantations of native trees in tropical Australia. *Agroforestry systems*, 87(1), 233-250.
- **Matson P.A.**, Parton W.J., Power A.G., Swift M.J., **(1997)**. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277, 504-509.
- **Matson P.A.**, Parton W.J., Power A.G., Swift M.J., **(1997)**. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277, 504-509.

- **Mingo V.**; Lötters S.; Wagner N (2017). The impact of land use intensity and associated pesticide applications on fitness and enzymatic activity in reptiles—A field study. *Sci. Total Environ.* 2017, 590, 114–124.
- **Miraglia M.** ; Marvin H. ; Kleter G. ; Battilani, P. ; Brera, C. ; Coni, E. ; Cubadda, F. ; Croci, L. ; De Santis B. ; Dekkers S. ; et al (2009). Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. *Food Chem. Toxicol.* 2009, 47, 1009–1021.
- **Molden D.** (2007). *Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* Earthscan, London.
- **Montgomery D. R.** (2007). *Dirt: The Erosion of Civilization.* University of California Press, Berkeley.
- **Moran J.**, (2020). Quels Sont Les Avantages Et Les Inconvénients De La Monoculture?
- Moss, B. (2008). Water pollution by agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363: 659–666.
- **Mousavi S.R.**, and Eskandari, H. (2011). A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. *Journal of Applied Environmental Biological Sciences* 1(11):482-486.
- **Mugnai S.**, Pasquini, T., Azzarello, E., Pandolfi, C., Mancuso, S., (2007). Evaluation of composted green waste in ornamental container-grown plants: effects on growth and plant water relations. *Compost Sci. Util.* 15, 283–287.
- **Neamatollahi E.**, Jahansuz, M. R., Mazaheri, D., & Bannayan, M. (2013). Intercropping. *Sustainable agriculture reviews*, 119-142.
- **NRC (National Research Council).** (2010). *Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century.* National Academies Press.
- **Ofori F.**, and Stern, W. (1987). Cereal–legume intercropping systems. *Advances in Agronomy* 41 :41-90.
- **Orwa, C.**, Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R. (2009). “Terminalia Ivorensis Terminalia Ivorensis.” *Agroforestry Database: A Tree Reference and Selection guide.* Version 4.0 0(3):1–5.
- **Oseni T.O.** (2010). Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. *Journal of Agricultural Science* 2(3):229-234.
- **Özcan M. M.**, & Chalchat, J. C. (2008). Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey. *International journal of food sciences and nutrition*, 59(7-8), 691-698.
- **Pierre rabhi**, pimbert, Trad (1999). *L’agroécologie Bases scientifiques d’une agriculture alternative.*
- **Pimentel D.**, Berger B., Filiberto D., Newton M., Wolfe B., Karabinakis E., Clark S., Poon E., Abbott E., and Nandagopal S. (2004). Water resources: Agricultural and environmental issues. *BioScience* 54: 909–918.

- **Pimentel D.**; Harvey C.; Resosudarmo P.; Sinclair K.; Kurz D.; McNair M.; Crist S.; Sphpritz L.; Fitton L.; Saffouri R.; et al (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267, 1117–1123.
- **Plantureux S.**, A. Peeters, and D. McCracken (2005). Biodiversity in intensive grasslands: Effect of management, improvement and challenges. *Agronomy Research* 3:153-164.
- **Postel S. L. (1999).** Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last? W.W. Norton, New York.
- **Quilty J.R.**, Cattle, S.R., (2011). Use and understanding of organic amendments in Australian agriculture: a review. *Soil Res.* 49, 1–26.
- **Quinton J. N.**, Govers G., Van Oost C., and Bardgett R. D. (2010). The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling. *Nature Geoscience* 3: 311–314.
- **Rasmussen P. E.**, Goulding K. W. T., Brown J. R., Grace P. R., Janzen H. H., and Korschens M. (1998). Long-term agroecosystem experiments: Assessing “ agricultural sustainability and global change. *Science* 282: 893–896.
- **Rice, E. L. (1984).** Allelopathy. Academic Press, New York.
- **Righini, Hillary**, Annalisa Somma, Silvia Cetrullo, Stefania D’Adamo, Flavio Flamigni, Antera Martel Quintana, and Roberta Roberti. (2020). “Inhibitory Activity of Aqueous Extracts from *Anabaena Minutissima*, *Ecklonia Maxima* and *Jania Adhaerens* on the Cucumber Powdery Mildew Pathogen in Vitro and in Vivo.” *Journal of Applied Phycology* 32(5):3363–75. doi: 10.1007/s10811-020-02160-x.
- **Rockstrom J.**, Lannerstad M., and Falkenmark M. (2007). Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. *PNAS* 104: 6253–6260.
- S.C.E.A. de Montourey. (2012). “*Fusarium Oxysporum* - {Les} Champignons - Cyclamen.Com - {Maladies}.” Retrieved August 9, 2021.
- **Saighi, Imane**, and Merièm Ben Hamdi. (2020). “Identification et Caractérisation Des Maladies Fongiques de Pomme de Terre et Essai de Lutte Biologique Par Les Extraits Végétaux Dans La Région d’EL-Oued.” 2019–20.
- **Santhi R.** and G. Selvakumari, (2000). Use of organic sources of nutrients in crop production. In: Theme papers on integrated nutrient management (Ed.) Kannaiyan et al., published by Tamil Nadu Agric. Univ. and Tamil Nadu Department of Agriculture, pp: 87-101.
- **Santoyo S.**, Cavero S, Jaime L, Ibanez E, Senorans FJ, Reglero G. (2005). Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of Food Protection*, 68: 790-795.
- **Scherr SJ**, McNeely JA (2008). Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of ‘ecoagriculture’ landscapes. *Philos Trans Royal Soc B* 363:477-494.
- **Šeremešić S.**, Manojlović M., Ilin Ž., Vasić M., Gvozdanović-Varga J., Subašić A., & Vojnov, B. (2018). Effect of intercropping on the morphological and nutritional properties of carrots and onions in organic agriculture. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 22(2), 80-84.

- **Sinare R. Z., (1997).** Etude de la filière oignon dans le département de Bégoué (Province du Boulgou). Mémoire d'ingénieur du Développement Rural, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 103p.
- **Singh D.K. (2012).** Pesticides and Environment Pestic. Chem. Toxicol. 2012, 1, 114–122.
- **Sinoquet H., & Caldwell, R. M. (1995).** Estimation of light capture and partitioning in intercropping systems.
- **Škrbic B.; Cvejanov J.; Durišić-Mladenović N (2007).** Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in surface soils of Novi Sad and bank sediment of the Danube River. J. Environ. Sci. Health Part B 2007, 42, 311–319.
- **Smil V. (2002).** Eating meat: Evolution, patterns, and consequences. Population and Develop. Rev. 28: 599–639.
- **Smith R. G., K. L. Gross, and G. P. Robertson (2008).** Effects of crop diversity on agroecosystem function: Crop yield response. Ecosystems 11:355-366.
- **Smukler SM, Sanchez-Moreno S, Fonte SJ, Ferris H, Klonsky K, et al. (2010).** Biodiversity and multiple ecosystem functions in an organic farmscape. Agric. Ecosyst. Environ. 139:80–97.
- **Stassart P. M., Baret P., Grégoire J.-C., Hance T., Mormont M., Reheul D., Visser M. (2012).** L'agroécologie : trajectoire et potentiel pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In D. Van Dam, J. Nizet, M. Streith, & P. M. Stassart (Eds.), Agroécologie entre pratiques et sciences sociales. Dijon: Educardi.
- **Stoate C., Boatman N.D., Borralho R.J., Rio Carvalho C., de Snoo G.R., Eden P., (2001).** Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63, 337–365. Straub, C.S., Finke, D.L., Snyder, W.E., 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? Biological Control 45, 225–237.
- **Stoate C., Boatman N.D., Borralho R.J., Rio Carvalho C., de Snoo G.R., Eden P., (2001).** Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63, 337–365. Straub, C.S., Finke, D.L., Snyder, W.E., 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? Biological Control 45, 225–237.
- **Suma K., and N. Devaki. (2011).** “Use of Plant Extracts for the Control of Fusarium Oxysporum - a Wilt Pathogen.” (January 2011).
- **Sumalan renata-maria, Alexa ersilia, Poiana mariana-Atena (2013).** Assessment of inhibitory potential of essential oils on natural mycoflora and Fusarium mycotoxins production in wheat, Chemistry Central Journal.
- **Thrupp L.A., (2000).** Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. International Affairs 76, 265-281.
- **Thrupp LA (2002).** Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. Int Aff 76:283-297.

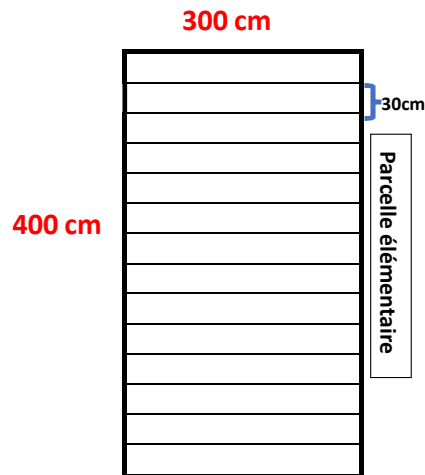
- **Tilman D.**, K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, and S. Polasky. **(2002)**. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677.
- **Tilman, D. (1993)**. Species richness of experimental productivity gradients: how important is colonization limitation?. *Ecology*, 74(8), 2179-2191.
- **Tirado M.**; Clarke, R.; Jaykus, L.; McQuatters-Gollop, A.; Frank, J **(2010)**. Climate change and food safety: A review. *Food Res. Int*, 43, 1745–1765.
- **Tixier-boichard M.**, & Lescourret F. **(2015)**. Mieux utiliser la biodiversité pour réussir la transition agro-écologique: une synthèse de l’atelier ‘Utiliser la biodiversité’. *Innovations Agronomiques* (43), 41-50.
- **Trenbath B.R. (1976)**. Plant interactions in mixed crop communities. pp. 129-170 In *Multiple cropping*, Madison, Wis., ASA,
- **Türe H**, Eroğlu E, Soyer F, Özen B. **(2008)**. Antifungal activity of biopolymers containing natamycin and rosemary extract against *Aspergillus niger* and *Penicillium roquefortii*. *International Journal of Food Science & Technology*, 43: 2026-2032.
- **Undie U.**, Uwah D., and Attoe E. **(2012)**. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of south southern Nigeria. *Journal of Agricultural Science* 4(4):37-50.
- **Valdez F.R.** and S.C. Fransen, **(1986)**. Corn- sunflower intercropping as silage crop. *Journal of Dairy Science*, 69: 138-142.
- **Van der Bom F. (2010)**. Legumes in tropical intercropping systems. BSc Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- **Van der Bom F. (2010)**. Legumes in tropical intercropping systems. BSc Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- **Vandermeer J**, van Noordwijk M, Anderson J, Ong C, Perfecto I **(1998)**. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agr Ecosyst Environ* 67:1-22.
- **Vandermeer J.H. (1989)**. *The Ecology of Intercropping*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- **Vandermeer J.H., (1992)**. *The Ecology of Intercropping*. Publisher: Cambridge University Press.
- **Vandermeer, J. H. (1992)**. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press.
- **Varshney R. K.**, K. C. Bansal, P. K. Aggarwal, S. K. Datta, and P. Q. Craufurd **(2011)**. Agricultural biotechnology for crop improvement in a variable climate: hope or hype? *Trends in Plant Science* 16:363-371.
- **Vitousek P. M.**, Naylor, R., Crews, T., David, M. B., Drinkwater, L. E., Holland, E., Johnes, P. J., et al. **(2009)**. Nutrient imbalances in agricultural development. *Science* 324: 1519–1520.

- **Watiki J., S. Mfukai, J.A. Banda and B.A. Keating, (1993).** Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as an affected by maize plant-density and cow pea cultivar. *Field Crop Research*, 35: 123-133.
- **Wiech K., & Kałmuk, J. (2005).** Coordonner les cultures pour diversifier l'agrocénose et réduire la consommation de pesticides. Monographie : Protection de l'environnement naturel au 21ème siècle - nouveaux défis et menaces , 126-137.
- **Willey R.W., (1979).** Intercropping- its importance and research needs. Part 1: Competition and yield advantages. *Field Crop Research*, 32: 1-10.
- **Willey R.W., (1985).** Evaluation and presentation of intercropping advantages. *Experimental Agriculture*, 21: 119- 133.
- **Willey R.W., (1990).** Resource use in intercropping systems. *Journal of Agriculture and Water Management*, 17: 215-231.
- **Willey, R. W. (1979).** *Field Crop Abst.* 32(1):Pt 1, pp. 1–10.
- **Wood, W. W. (2003).** Water sustainability: Science or science fiction? Perspective from one scientist. In *Developments in Water Science* (Vol. 50, pp. 45-51). Elsevier.
- **Xia wu., fengzhi wu., xingans zhou., xuepeng fu., yue tao., weihui xu., kai pan., and shouwei liu. (2016).** Effects of intercropping with potato and Onion on the growth of tomato and Rhizosphere Alkaline Phosphatase Gene Diversity. China.
- **Zachari B Jolin (2015).** Le développement de l'agréologie au Québec redéfinir les paradigmes agricole P22.
- **Zhang F. and L. Li, (2003).** Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil*, 248: 305-312.
- **Zhang G., Yang Z., Dong S. (2011).** Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field crops research*, 124(1), 66-73. Received: 19. 03. 2018.
- **Zhao-ming LIU. (2009).** Studies on the Chemical Components and Antimicrobial Activities of Volatile Oil from *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2.
- **Zhou X., Yu G., et Wu F. (2011).** Effets de la culture intercalaire concombre avec l'oignon ou l'ail sur les activités enzymatiques du sol, les communautés microbiennes et le rendement en concombre. *Revue européenne de biologie des sols*, 47 (5), 279–287.
- **Zinati G. (2017).** Compost effects on weed suppression. *BioCycle*, 58(6), 26-27.

ANNEXES 1

Essai : culture intercalaire

Oignon + Carotte + Persil



Espacement Oignon :

- ✓ 30 cm inter-ligne
- ✓ 20 cm intra-ligne

- 400 cm / 30 cm = **14 lignes** (chaque parcelle élémentaire)
- 300 cm / 20 cm = **15 bulbes d'oignons par ligne**

Traitement sans compost		Traitement avec compost	
Oignon	15*14*3rep = 630	Oignon + compost	15*14*3rep = 630
Oignon + carotte	15*7*3 rep = 315	Oignon + carotte + compost	15*7*3 rep = 315
Oignon + persil	15*7*3 rep = 315	Oignon + persil + compost	15*7*3 rep = 315
Oignon + persil + carotte	15*5*3 rep = 225	Oignon + persil + carotte + compost	15*5*3 rep = 225
	Total : 1485		Total : 1485
TOTAL : ≈ 3000 bulbes			

Espacement Carotte : 30cm Inter-ligne / 20cm Intra-ligne

Espacement Persil : 30cm Inter-ligne / 20 cm Intra-ligne

ANNEXES 2

Tableau 1 : analyses physico-chimiques du compost

Composants	Quantité
Humidité (%)	34% (±5)
Matière organique	≥30%
Azote totale (%)	≥1%
P2O5 (%)	≥1%
K2o (%)	≥1%
Fe (mg/kg)	≥2500
Mn (mg/kg)	≥200
Zn (mg/kg)	≥100
Cu (mg/kg)	≥25

Tableau 2 : Résultats des analyses du sol à T0

Paramètres	Résultats	Classe texturale
Argile	39.30	Sol limoneux argileux
Limon	41.02	
Sable	19.68	
Etat physique et statut acido-basique	Résultat	Valeur Référentielle
ph H2O	8.59	5.6 à 9.1
ph Kcl	7.66	-
Calcaire total	27,72	5.00 à 15.00
Calcaire actif	14.11	2.00 à 7.00
CEC	27.38	
Salinité		
CE à 25°	0.15	0.15 à 1.20
Chlorure Cl	0.00	0.000 à 0.250
Sodium	0.458	0.031 à 0.221
Etat humique		

Matière organique	2.08	1.60 à 2.00
Azote Kjeldahl	0.12	0.10 à 0.30
Éléments majeurs		
Phosphore	15.72	50 à 200
Potassium	0.145	0.151 à 0.700
Magnésium	0.763	0.201 à 0.504
Calcium	7.696	0.646 à 3.364
Oligo-éléments		
Cuivre	1.51	0.430 à 3.0
Zinc	0.41	3.0 à 10.4
Manganèse	3.62	5.0 à 20.0
Fer	1.15	5.0 à 21.0
Bore	0.71	

ANNEXES 3

Suivi des adventices

a) Identification des espèces

Espèce A

L'identification des mauvaises herbes associées à toute la parcelle d'essai est présentée dans le tableau ci-dessous :

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Magnoliophyta	
Classe	Magnoliopsida	
Sous-classe	Asteridae	
Ordre	Asterales	
Famille	Asteraceae	
Genre	Glebionis	
Espèce	<i>Glebionis coronaria</i>	

Espèce B

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Astériidées	
Classe	Composées	
Ordre	Asterales	
Famille	Asteraceae	
Genre	Calendula	
Espèce	<i>Calendula officinalis</i>	

Espèce C

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Magnoliophyta	
Classe	Liliopsida	
Sous-classe	Cyperales	
Ordre	Asterales	
Famille	Poaceae	
Genre	Hordeum	
Espèce	<i>Hordeum murinum</i>	

Espèce D

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Angiospermes	
Classe	Eudicots	
Sous-classe	Rosides	
Ordre	Brassicales	
Famille	Brassicacées	
Genre	Hirschfeldia Moench	
Espèce	<i>Hirschfeldia incana</i>	

Espèce E

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Tracheophyta	
Classe	Magnoliopsida	
Ordre	Geraniales	
Famille	Geraniaceae	
Genre	Erodium	
Espèce	<i>Erodium moschatum</i>	

Espèce F

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Magnoliophyta	
Classe	Magnoliopsida	
Ordre	Asterales	
Famille	Asteraceae	
Genre	Lactuc	
Espèce	<i>Lactuca virosa</i>	

Espèce G

Classification		Cliché : Hsaine jalal
Embranchement	Magnoliophyta	
Classe	Magnoliopsida	
Sous-classe	Asteridae	
Ordre	Asterales	
Famille	Asteraceae	
Genre	Cichorium	
Espèce	<i>Cichorium endivia</i>	

ANNEXE 4

HAUTEUR DE PLANTE APRES 30 JOURS

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: HAUTEURI

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	172293,408	1	172293,408	7953,870	,000
	Erreur	43,323	2	21,662 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	3717,226	7	531,032	18,491	,000
	Erreur	402,062	14	28,719 ^b		
BLOC	Hypothèse	43,323	2	21,662	,754	,489
	Erreur	402,062	14	28,719 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	402,062	14	28,719	1,732	,061
	Erreur	1591,560	96	16,579 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: HAUTEURI

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMENT	TRAITEMENT				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	7,3733*	1,48678	,000	3,4168	11,3299
	T2	T0	5,4333*	1,48678	,003	1,4768	9,3899
	T3	T0	10,5067*	1,48678	,000	6,5501	14,4632
	T4	T0	11,2333*	1,48678	,000	7,2768	15,1899
	T5	T0	9,2067*	1,48678	,000	5,2501	13,1632
	T6	T0	20,7933*	1,48678	,000	16,8368	24,7499
	T7	T0	11,7067*	1,48678	,000	7,7501	15,6632

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 16,579.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble				
			a	b	c	d	e
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	28,3600				
	T2	15		33,7933			
	T1	15		35,7333	35,7333		
	T5	15			37,5667	37,5667	
	T3	15			38,8667	38,8667	
	T4	15			39,5933	39,5933	
	T7	15				40,0667	
	T6	15					49,1533
	Sig.		1,000	,195	,052	,339	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 16,579.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

HAUTEUR APRES 60 JOURS

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: HAUTEURII

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	508471,366	1	508471,366	12561,108	,000
	Erreur	80,960	2	40,480 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	6686,601	7	955,229	20,159	,000
	Erreur	663,376	14	47,384 ^b		
BLOC	Hypothèse	80,960	2	40,480	,854	,447
	Erreur	663,376	14	47,384 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	663,376	14	47,384	3,267	,000
	Erreur	1392,452	96	14,505 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: HAUTEURII

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	T	TRAITEMENT				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	9,373*	1,3907	,000	5,673	13,074
	T2	T0	9,813*	1,3907	,000	6,113	13,514
	T3	T0	13,473*	1,3907	,000	9,773	17,174
	T4	T0	14,100*	1,3907	,000	10,399	17,801
	T5	T0	13,934*	1,3907	,000	10,233	17,635
	T6	T0	28,820*	1,3907	,000	25,119	32,521
	T7	T0	13,960*	1,3907	,000	10,259	17,661

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 14,505.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

HAUTEURII

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble			
			1	b	c	d
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	52,160			
	T1	15		61,533		
	T2	15		61,973		
	T3	15			65,633	
	T5	15			66,094	
	T7	15			66,120	
	T4	15			66,260	
	T6	15				80,980
	Sig.		1,000	,752	,969	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 14,505.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

HAUTEUR APRES 90 JOURS

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: HAUTEURIII

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	665851,212	1	665851,212	109533,017	,000
	Erreur	12,158	2	6,079 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	7768,587	7	1109,798	22,467	,000
	Erreur	691,563	14	49,397 ^b		
BLOC	Hypothèse	12,158	2	6,079	,123	,885
	Erreur	691,563	14	49,397 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	691,563	14	49,397	6,815	,000
	Erreur	695,800	96	7,248 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: HAUTEURIII

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMENT	TRAITEMENT				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	10,073*	,9831	,000	7,457	12,689
	T2	T0	13,367*	,9831	,000	10,751	15,983
	T3	T0	17,740*	,9831	,000	15,124	20,356
	T4	T0	18,520*	,9831	,000	15,904	21,136
	T5	T0	17,460*	,9831	,000	14,844	20,076
	T6	T0	30,260*	,9831	,000	27,644	32,876
	T7	T0	18,367*	,9831	,000	15,751	20,983

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 7,248.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

HAUTEURIII

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble				
			a	b	c	d	e
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	58,767				
	T1	15		68,840			
	T2	15			72,133		
	T5	15				76,227	
	T3	15				76,507	
	T7	15				77,133	
	T4	15				77,287	
	T6	15					89,027
	Sig.		1,000	1,000	1,000	,704	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 7,248.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

NOMBRE DE FEUILLES APRES 30 JOURS

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: NBF1

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	5922,075	1	5922,075	78961,000	,000
	Erreur	,150	2	,075 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	74,392	7	10,627	10,064	,000
	Erreur	14,783	14	1,056 ^b		
BLOC	Hypothèse	,150	2	,075	,071	,932
	Erreur	14,783	14	1,056 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	14,783	14	1,056	1,377	,179
	Erreur	73,600	96	,767 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: NBF1

	(I) TRAITEMENT	(J) TRAITEMENT	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	,80	,320	,074	-,05	1,65
	T2	T0	1,27*	,320	,001	,42	2,12
	T3	T0	1,27*	,320	,001	,42	2,12
	T4	T0	1,27*	,320	,001	,42	2,12
	T5	T0	1,33*	,320	,000	,48	2,18
	T6	T0	2,87*	,320	,000	2,02	3,72
	T7	T0	2,07*	,320	,000	1,22	2,92

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = ,767.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

NBF1

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble			
			a	b	c	d
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	5,67			
	T1	15		6,47		
	T3	15		6,93	6,93	
	T2	15		6,93	6,93	
	T4	15		6,93	6,93	
	T5	15		7,00	7,00	
	T7	15			7,73	
	T6	15				8,53
	Sig.		1,000	,458	,099	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = ,767.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

NOMBRE DE FEUILLES APRES 60 JOURS

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: NBFII

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	12140,408	1	12140,408	5898,174	,000
	Erreur	4,117	2	2,058 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	221,925	7	31,704	10,530	,000
	Erreur	42,150	14	3,011 ^b		
BLOC	Hypothèse	4,117	2	2,058	,684	,521
	Erreur	42,150	14	3,011 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	42,150	14	3,011	4,353	,000
	Erreur	66,400	96	,692 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: NBFII

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMEN T	TRAITEMEN T				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	2,07*	,304	,000	1,26	2,87
	T2	T0	1,67*	,304	,000	,86	2,47
	T3	T0	2,40*	,304	,000	1,59	3,21
	T4	T0	2,47*	,304	,000	1,66	3,27
	T5	T0	2,47*	,304	,000	1,66	3,27
	T6	T0	5,27*	,304	,000	4,46	6,07
	T7	T0	2,80*	,304	,000	1,99	3,61

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = ,692.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

NBFII						
	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble			
			a	b	c	d
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	7,67			
	T2	15		9,33		
	T1	15		9,73	9,73	
	T3	15		10,07	10,07	
	T4	15		10,13	10,13	
	T5	15		10,13	10,13	
	T7	15			10,47	
	T6	15				12,93
	Sig.		1,000	,072	,120	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = ,692.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

NOMBRE DE FEUILLES APRES 90 JOURS

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: NBFIII

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	23157,408	1	23157,408	75105,108	,000
	Erreur	,617	2	,308 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	379,458	7	54,208	41,433	,000
	Erreur	18,317	14	1,308 ^b		
BLOC	Hypothèse	,617	2	,308	,236	,793
	Erreur	18,317	14	1,308 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	18,317	14	1,308	1,869	,039
	Erreur	67,200	96	,700 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: NBFIII

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMEN T	TRAITEMEN T				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	1,53*	,306	,000	,72	2,35
	T2	T0	2,73*	,306	,000	1,92	3,55
	T3	T0	3,93*	,306	,000	3,12	4,75
	T4	T0	3,27*	,306	,000	2,45	4,08
	T5	T0	3,73*	,306	,000	2,92	4,55
	T6	T0	6,40*	,306	,000	5,59	7,21
	T7	T0	4,20*	,306	,000	3,39	5,01

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = ,700.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

NBFIII

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble					
			a	b	c	d	e	f
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	10,67					
	T1	15		12,20				
	T2	15			13,40			
	T4	15			13,93	13,93		
	T5	15				14,40	14,40	
	T3	15				14,60	14,60	
	T7	15					14,87	
	T6	15						17,07
	Sig.		1,000	1,000	,084	,079	,283	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = ,700.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

COLLET T1

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: COLLET1

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	14778,541	1	14778,541	5044,301	,000
	Erreur	5,859	2	2,930 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	718,799	7	102,686	19,362	,000
	Erreur	74,247	14	5,303 ^b		
BLOC	Hypothèse	5,859	2	2,930	,552	,588
	Erreur	74,247	14	5,303 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	74,247	14	5,303	1,921	,033
	Erreur	264,984	96	2,760 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: COLLET1

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMENT	TRAITEMENT				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	2,160*	,6067	,004	,546	3,774
	T2	T0	3,200*	,6067	,000	1,586	4,814
	T3	T0	4,020*	,6067	,000	2,406	5,634
	T4	T0	4,407*	,6067	,000	2,792	6,021
	T5	T0	3,653*	,6067	,000	2,039	5,268
	T6	T0	8,860*	,6067	,000	7,246	10,474
	T7	T0	6,000*	,6067	,000	4,386	7,614

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 2,760.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

COLLETI

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble				
			a	b	c	d	e
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	7,060				
	T1	15		9,220			
	T2	15		10,260	10,260		
	T5	15			10,713		
	T3	15			11,080		
	T4	15			11,467		
	T7	15				13,060	
	T6	15					15,920
	Sig.		1,000	,090	,199	1,000	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 2,760.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

COLLET 2

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: COLLETII

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	56528,502	1	56528,502	2108,990	,000
	Erreur	53,607	2	26,804 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	2215,520	7	316,503	40,902	,000
	Erreur	108,333	14	7,738 ^b		
BLOC	Hypothèse	53,607	2	26,804	3,464	,060
	Erreur	108,333	14	7,738 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	108,333	14	7,738	1,372	,182
	Erreur	541,408	96	5,640 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: COLLETII

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I- J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMENT	TRAITEMENT				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	2,920*	,8672	,007	,612	5,228
	T2	T0	2,813*	,8672	,010	,506	5,121
	T3	T0	5,953*	,8672	,000	3,646	8,261
	T4	T0	6,847*	,8672	,000	4,539	9,154
	T5	T0	3,653*	,8672	,000	1,346	5,961
	T6	T0	15,307*	,8672	,000	12,999	17,614
	T7	T0	6,913*	,8672	,000	4,606	9,221

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 5,640.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

COLLETII

	TRAITEMENT	N	Sous-ensemble			
			a	b	c	d
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	16,153			
	T2	15		18,967		
	T1	15		19,073		
	T5	15		19,807		
	T3	15			22,107	
	T4	15			23,000	
	T7	15			23,067	
	T6	15				31,460
	Sig.		1,000	,598	,512	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 5,640.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

COLLET 3

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: COLLETIII

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	Hypothèse	131698,376	1	131698,376	383308,396	
	Erreur	,687	2	,344 ^a		
TRAITEMENT	Hypothèse	6310,740	7	901,534	65,389	
	Erreur	193,021	14	13,787 ^b		
BLOC	Hypothèse	,687	2	,344	,025	
	Erreur	193,021	14	13,787 ^b		
TRAITEMENT * BLOC	Hypothèse	193,021	14	13,787	1,320	
	Erreur	1003,056	96	10,449 ^c		

a. MS(BLOC)

b. MS(TRAITEMENT * BLOC)

c. MS(Erreur)

Comparaisons multiples

Variable dépendante: COLLETIII

	(I)	(J)	Différence des moyennes (I- J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
	TRAITEMENT	TRAITEMENT				Borne inférieure	Limite supérieure
t de Dunnett (bilatéral) ^a	T1	T0	7,167*	1,1803	,000	4,026	10,308
	T2	T0	11,547*	1,1803	,000	8,406	14,688
	T3	T0	14,413*	1,1803	,000	11,272	17,554
	T4	T0	15,320*	1,1803	,000	12,179	18,461
	T5	T0	13,400*	1,1803	,000	10,259	16,541
	T6	T0	26,320*	1,1803	,000	23,179	29,461
	T7	T0	18,620*	1,1803	,000	15,479	21,761

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 10,449.

*. La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

COLLETIII

	TRAITEMEN	N	Sous-ensemble					
	T		a	b	c	d	e	f
Student-Newman-Keuls ^{a,b}	T0	15	19,780					
	T1	15		26,947				
	T2	15			31,327			
	T5	15			33,180	33,180		
	T3	15				34,193		
	T4	15				35,100		
	T7	15					38,400	
	T6	15						46,100
	Sig.		1,000	1,000	,120	,239	1,000	1,000

Les moyennes des groupes dans des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En fonction des moyennes observées.

Le terme d'erreur est Carré moyen(Erreur) = 10,449.

a. Utilise un nombre d'échantillons des moyennes harmoniques = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

ACTIVITE ANTIFONGIQUE

ORIGAN

ANOVA à 1 facteur

Taux d'inhibition mycienne

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	36830,688	6	6138,448	130,031	,000
Intra-groupes	991,358	21	47,208		
Total	37822,046	27			

	CONCENTRATIONS	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
			a	b	c
Student-Newman-Keuls ^a	0%	4	,0000		
	0.25%	4		48,3333	
	0.5%	4			95,5556
	1%	4			100,0000
	1.5%	4			100,0000
	2.5%	4			100,0000
	5%	4			100,0000
	Signification		1,000	1,000	,888

SAUGE

ANOVA à 1 facteur

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	,002	6	,000	3,193	,022
Intra-groupes	,002	21	,000		
Total	,003	27			

TIM

	CONCENTRATIONS	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
			1	2
Student-Newman-Keuls ^a	0%	4	,00000	
	0.25%	4	,00000	
	0.5%	4	,00278	
	1%	4	,00833	,00833
	1.5%	4	,01111	,01111
	2.5%	4	,01389	,01389
	5%	4		,02222
	Signification		,303	,171

ROMARIN

ANOVA à 1 facteur

TIM

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	5667,548	6	944,591	892,639	,000
Intra-groupes	22,222	21	1,058		
Total	5689,771	27			

TIM	CONCENTRATION	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	7
Student-Newman-Keuls ^a	0%	4	,0000						
	0,25%	4		7,7778					
	0,5%	4			10,8333				
	1%	4				19,1667			
	1,5%	4					22,5000		
	2,5%	4						33,8889	
	5%	4							44,1667
	Signification		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000